

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-61820

(P 2 0 0 1 - 6 1 8 2 0 A)

(43) 公開日 平成13年 3 月 13 日 (2001. 3. 13)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
A61B 5/16	300	A61B 5/16	A 4C017
5/0205		5/02	E 4C038

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全13頁)

(21) 出願番号 特願平11-240532

(22) 出願日 平成11年 8 月 26 日 (1999. 8. 26)

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 井邊 浩行

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72) 発明者 福頼 薫

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(74) 代理人 100087767

弁理士 西川 恵清 (外1名)

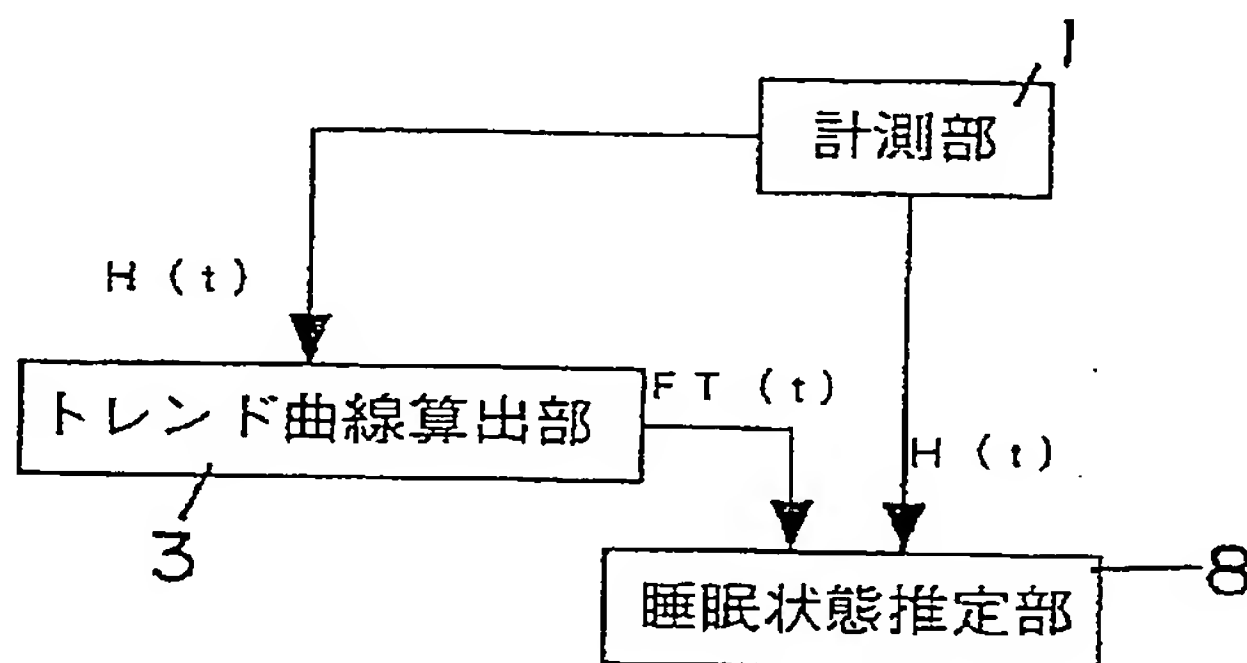
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 睡眠状態判定方法及び睡眠状態判定装置

(57) 【要約】

【課題】 睡眠状態を精度良く検出することができる睡眠状態判定方法を提供する。

【解決手段】 心拍数または脈拍数などの生体情報を計測して、生体情報の時系列の時間変化の増減傾向を表すトレンド曲線を算出し、このトレンド曲線をもとに睡眠状態を判定する睡眠状態判定方法に関する。このトレンド曲線を予め設定された時間の窓関数を用いて算出する。



1…計測部

3…トレンド曲線算出部

8…睡眠状態推定部

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 心拍数または脈拍数などの生体情報を計測して、生体情報の時系列の時間変化の増減傾向を表すトレンド曲線を算出し、このトレンド曲線をもとに睡眠状態を判定する睡眠状態判定方法において、トレンド曲線を予め設定された時間の窓関数を用いて算出することを特徴とする睡眠状態判定方法。

【請求項 2】 窓関数を用いてトレンド曲線を算出するにあたって、窓関数の時間の長さを 40 分～70 分とすることを特徴とする請求項 1 に記載の睡眠状態判定方法。

【請求項 3】 単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、生体情報値の時系列の時間変化の傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、睡眠状態出現確率算出部で算出された各睡眠状態の出現確率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備して成ることを特徴とする睡眠状態判定装置。

【請求項 4】 単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、生体情報値の時系列の時間変化の傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、動作開始時からの経過時間から、予め設定された各睡眠状態の出現割合表をもとに各睡眠状態の出現割合を算出する睡眠状態出現割合算出部と、上記各睡眠状態出現確率と上記各睡眠状態出現割合を掛け合わせて各睡眠状態出現比率を算出する睡眠状態出現比率算出部と、上記各睡眠状態出現比率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備して成ることを特徴とする睡眠状態判定装置。

【請求項 5】 単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、上

記生体情報値の時系列の進行方向の時間変化の傾向を表すように設定した前トレンド曲線を算出する前トレンド曲線算出部と、上記生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化の傾向を表すように設定した後トレンド曲線を算出する後トレンド曲線算出部と、上記前トレンド曲線と上記後トレンド曲線のうち各測定時刻において大きいほうの値を採用してトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、上記各睡眠状態の出現確率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備して成ることを特徴とする睡眠状態判定装置。

【請求項 6】 単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、上記生体情報値の時系列の進行方向の時間変化の傾向を表すように設定した前トレンド曲線を算出する前トレンド曲線算出部と、上記生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化の傾向を表すように設定した後トレンド曲線を算出する後トレンド曲線算出部と、上記前トレンド曲線と上記後トレンド曲線のうち各測定時刻において大きなほうの値を採用してトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、動作開始時からの経過時間から、予め設定された睡眠状態の出現割合表をもとに各睡眠状態の出現割合を算出する睡眠状態出現割合算出部と、上記各睡眠状態出現確率と上記各睡眠状態出現割合を掛け合わせて各睡眠状態出現比率を算出する睡眠状態出現比率算出部と、上記各睡眠状態出現比率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備して成ることを特徴とする睡眠状態判定装置。

【請求項 7】 上記睡眠状態推定部より出力された推定結果に対して、入眠と推定した後、予め設定された時間の間は深い睡眠状態にならないように推定結果を訂正する睡眠判定調整部を具備して成ることを特徴とする請求項 3～6 のいずれかに記載の睡眠状態判定装置。

【請求項 8】 上記睡眠状態推定部より出力された推定

結果に対して、入眠と推定した後、ばらつき度が予め設定された閾値未満である状態が連続して予め設定された時間の間持続した場合に、深い睡眠状態となるように推定結果を訂正する睡眠判定調整部を具備して成ることを特徴とする請求項 3～7 のいずれかに記載の睡眠状態判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、心拍数や脈拍数のような比較的容易に得られる生体の活動情報に基づいて、生体の睡眠状態の変化を検出するようにした睡眠状態判定方法及び睡眠状態判定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、心拍信号はその人間の状態、例えば、睡眠・覚醒、安静・運動、姿勢の変化、摂食、さらには情動や精神的なリラックスやストレス等によって絶えず変化している。また、睡眠に関しても人間の睡眠状態は一晚を通じて一様ではなく、ノンレム睡眠期とレム睡眠期とのサイクルが周期的に数回出現し、その周期が 100 分程度 (80～120 分) であることが従来より知られている。各サイクルでは、ノンレム睡眠期において浅い睡眠から深い睡眠へと睡眠状態が次第に移行し、深い睡眠状態が持続した後、再び浅い睡眠状態となり、その後、レム睡眠期が出現するという変化のしかたが一般的である。また、各サイクルにおけるノンレム睡眠期の睡眠の深さの変化は相対的であり、入眠から覚醒にかけてサイクル毎に睡眠深度が浅くなる。従って、上述のような睡眠の状態変化を検出すれば、その状態に応じて入眠を促進したり、より深い睡眠状態に誘うように、また心地よく目覚めさせたりするように適宜の刺激を与えることができる。

【0003】そこで睡眠の状態変化を検出することが従来から種々試みられており、例えば脳波、眼球運動、筋電などを含む睡眠ポリグラフを用いれば良い。しかしこのものは、装置が大がかりであり、研究室や病院などの計測設備を備えた場所でしか利用できず、健康機器のように日常的に使用する用途には不向きである。そこで、睡眠ポリグラフに代わる手段によって睡眠の状態変化を精度良く検出することが望まれている。このような要求に応えるために、心拍数や脈拍数に着目し、これらの変化から人間の状態変化を検出する事が考えられている。

【0004】すなわち、夜間睡眠においては、単位時間あたりの心拍数は入眠とともに減少し、朝方に最低値を示し、覚醒時期が近づくにつれて増加することが知られている。また、ノンレム睡眠期では単位時間あたりの心拍数は比較的安定しているがレム睡眠期には自律神経の活動状態に乱れが生じるから心拍数が著しく変動し、多くの場合に増加傾向が見られるということが知られている。さらに、ノンレム睡眠期の中でも睡眠深度が浅い場合は単位時間あたりの心拍数は比較的少なめで睡眠深度が

深い場合は単位時間あたりの心拍数は比較的少なめで非常に安定している。図 17 (a) に覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4通りの睡眠状態の一晚での推移の一例を示し、また図 17 (b) にこのときの心拍数の推移の一例を示す。ここで図 17 において、「WAKE」は覚醒状態、「REM」はレム睡眠期、「non-REM」はノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、「SWS」はノンレム睡眠期の深い睡眠状態を示している。

10 【0005】そしてこのような知見に基づいて、睡眠状態を検出する構成が従来から種々提供されており、例えば特開昭 63-205592 号公報に開示されているように、脈拍数の増減を指標としてレム睡眠期を検出するものがある。また、特開平 3-41926 号公報に開示されているように、脈拍数や呼吸数の増減傾向と時間的変動とを織り込んだ睡眠指数を用いることにより睡眠の状態変化を精度良く検出できるようにしたものがある。

【0006】

20 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来のものでは、脈拍数や呼吸数の増減傾向と時間的変動とを織り込んだ睡眠指数を用いることにより、入眠を判別し、レム睡眠期を検出していたものであるから、実際の睡眠の状態変化との一致率に個人差がかなりあり、睡眠ポリグラフに比較して精度がかなり悪く、深い睡眠状態と浅い睡眠状態を判別できないという問題を有していた。

30 【0007】本発明は上記問題点の解決を目的とするものであり、睡眠状態を精度良く検出することができる睡眠状態判定方法および睡眠状態判定装置を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項 1 に係る睡眠状態判定方法は、心拍数または脈拍数などの生体情報を計測して、生体情報の時系列の時間変化の増減傾向を表すトレンド曲線を算出し、このトレンド曲線をもとに睡眠状態を判定する睡眠状態判定方法において、トレンド曲線を予め設定された時間の窓関数を用いて算出することを特徴とするものである。

40 【0009】また請求項 2 の発明は、請求項 1 において、窓関数を用いてトレンド曲線を算出するにあたって、窓関数の時間の長さを 40 分～70 分とすることを特徴とするものである。

50 【0010】本発明の請求項 3 に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部 1 と、測定時刻を設定する測定時刻設定部 2 と、生体情報値の時系列の時間変化の傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部 3 と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部 4 と、上記各測定時刻

の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部5と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表6をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部7と、睡眠状態出現確率算出部7で算出された各睡眠状態の出現確率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部8とを具備して成ることを特徴とするものである。

【0011】本発明の請求項4に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部1と、測定時刻を設定する測定時刻設定部2と、生体情報値の時系列の時間変化の傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部3と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部4と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部5と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表6をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部7と、動作開始時からの経過時間から、予め設定された各睡眠状態の出現割合表9をもとに各睡眠状態の出現割合を算出する睡眠状態出現割合算出部10と、上記各睡眠状態出現確率と上記各睡眠状態出現割合を掛け合わせて各睡眠状態出現比率を算出する睡眠状態出現比率算出部11と、上記各睡眠状態出現比率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部8とを具備して成ることを特徴とするものである。

【0012】本発明の請求項5に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部1と、測定時刻を設定する測定時刻設定部2と、上記生体情報値の時系列の進行方向の時間変化の傾向を表すように設定した前トレンド曲線を算出する前トレンド曲線算出部12と、上記生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化の傾向を表すように設定した後トレンド曲線を算出する後トレンド曲線算出部13と、上記前トレンド曲線と上記後トレンド曲線のうち各測定時刻において大きいほうの値を採用してトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部14と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部4と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部5と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表6をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部7と、上記各睡眠状態の出現確率の

なかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部8とを具備して成ることを特徴とするものである。

【0013】本発明の請求項6に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部1と、測定時刻を設定する測定時刻設定部2と、上記生体情報値の時系列の進行方向の時間変化の傾向を表すように設定した前トレンド曲線を算出する前トレンド曲線算出部12と、上記生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化の傾向を表すように設定した後トレンド曲線を算出する後トレンド曲線算出部13と、上記前トレンド曲線と上記後トレンド曲線のうち各測定時刻において大きなほうの値を採用してトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部14と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部4と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部5と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表6をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部7と、動作開始時からの経過時間から、予め設定された睡眠状態の出現割合表9をもとに各睡眠状態の出現割合を算出する睡眠状態出現割合算出部10と、上記各睡眠状態出現確率と上記各睡眠状態出現割合を掛け合わせて各睡眠状態出現比率を算出する睡眠状態出現比率算出部11と、上記各睡眠状態出現比率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部8とを具備して成ることを特徴とするものである。

【0014】また請求項7の発明は、請求項3～6において、上記睡眠状態推定部8より出力された推定結果に対して、入眠と推定した後、予め設定された時間の間は深い睡眠状態にならないように推定結果を訂正する睡眠判定調整部15を具備して成ることを特徴とするものである。

【0015】また請求項8の発明は、請求項3～7において、上記睡眠状態推定部8より出力された推定結果に対して、入眠と推定した後、ばらつき度が予め設定された閾値未満である状態が連続して予め設定された時間の間持続した場合に、深い睡眠状態となるように推定結果を訂正する睡眠判定調整部16を具備して成ることを特徴とするものである。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。尚、以下の各実施の形態では、生体の活動状況の指標となる生体情報値として、心拍数を用いているが、脈拍数でも同様の処理を行なうことができるのはもちろんのことである。

【0017】図1は請求項1、2の発明を実施するため

の装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。心拍の計測は、電極を用いたり電波を用いたりして心臓の拍動を検出する心拍センサを使用して行なうことができるものであり、心拍センサからの出力は無線伝送あるいは有線伝送により本装置に伝送される。本装置では、心拍センサから伝送された心拍信号を受信して計測部 1 に入力するようになっている。計測部 1 では、波形整形を行うことによりパルス状の信号を得た後、単位時間毎のパルス数を計数し、計数値を単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ として出力するようになっている。パルス数を計数する単位時間は、たとえば 1 分である。計測部 1 から出力される単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ は、トレンド曲線算出部 3 と睡眠状態推定部 8 に入力される。

【0018】トレンド曲線算出部 3 では、生体情報値の時系列の時間変化での増減傾向を表すように設定したトレンド曲線を、予め設定された時間 (h) の窓関数を用

$t = 1$ の時

$$FT(1) = H(1)$$

$1 < t < h$ の時

$$H(t) \geq FT(t-1) \text{ の時}$$

$$H(t) < FT(t-1) \text{ の時}$$

$h \leq t$ の時

$$FT(t) = \min(H(t-h+1) \dots H(t))$$

このようにして求められるトレンド曲線 $FT(t)$ は、例えば、図 3 のようになる。この図 3 において、心拍数は黒細線で、トレンド曲線は黒太線で表している。

【0021】このようにしてトレンド曲線算出部 3 で算出されたトレンド曲線 $FT(t)$ は、トレンド曲線算出部 3 から出力されて睡眠状態推定部 8 に入力される。そして睡眠状態推定部 8 では、トレンド曲線 $FT(t)$ や心拍数 $H(t)$ を用いて、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4 種類のいずれの睡眠状態であるかを推定して判定することができるものである。トレンド曲線 FT

(t) や心拍数 $H(t)$ を用いて 4 種類のいずれの睡眠状態であるかを推定する方法は、特に限定されるものではないが、後述の図 4 や図 10 などの場合と同様に、トレンド曲線 $FT(t)$ と心拍数 $H(t)$ の差から心拍数の増分を算出すると共に、ある 1 分の心拍数とその次の 1 分の心拍数の差を順次計算してばらつき度を算出し、心拍数の増分とばらつき度の組み合わせにより 4 種類の睡眠状態の出現確率を求め、さらに入床からの経過時間によって 4 種類の睡眠状態の出現割合を求め、出現確率と出現割合を掛け合わせた数字 (出現比率) が一番大き

$t = 1$ の時

$$FT(1) = H(1)$$

$t > 1$ の時

$$H(t) \geq FT(t-1) \text{ の時}$$

$$H(t) < FT(t-1) \text{ の時}$$

このようにして求められるトレンド曲線 $FT(t)$ は、

いて算出するようにしてある。窓関数は、ある連続したデータに対して解析を行なう場合に、解析を行なう区間を制限するために用いられる関数であり、本発明において窓関数の時間は、心拍数が増加傾向を示す REM 睡眠期の特徴を抽出するため、REM 睡眠期の持続時間より長いほうが望ましい。また逆に、心拍数のトレンドをより良く反映させるためには、窓関数の時間は短いほうが良い。この 2 つの条件を合わせて考慮すると、窓関数の時間は 40 分～70 分の間、なかでも 60 分程度が最適であると考えられる。

【0019】続いて、トレンド曲線算出部 3 は図 2 のフローチャートに示すように動作し、入力された単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ より次式のようにトレンド曲線 $FT(t)$ を定義する。

【0020】

$$FT(t) = FT(t-1)$$

$$FT(t) = H(t)$$

な睡眠状態を、その時点の睡眠状態と推定して判定することができるものである。

【0022】図 4 は請求項 3 の発明に係る装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。心拍センサからの出力は無線伝送あるいは有線伝送により本装置に伝送され、心拍センサから伝送された心拍信号は計測部 1 に入力されるようになっている。計測部 1 では、波形整形を行うことによりパルス状の信号を得た後、単位時間毎のパルス数を計数し、計数値を単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ として出力するようになっている。パルス数を計数する単位時間は、たとえば 1 分である。計測部 1 から出力される単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ は、トレンド曲線算出部 3 と増分算出部 4 とばらつき度算出部 5 に入力される。

【0023】トレンド曲線算出部 3 では、生体情報値の時系列の時間変化での増減傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するようにしてある。すなわち、トレンド曲線算出部 3 は図 5 のフローチャートに示すように動作し、入力された単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ より次式のようにトレンド曲線 $FT(t)$ を定義する。

【0024】

$$FT(t) = FT(t-1)$$

$$FT(t) = H(t)$$

たとえば、図 6 のようになる。この図 6 において、心拍

数は黒細線で、トレンド曲線は黒太線で表している。

【0025】このようにしてトレンド曲線算出部3で算出されて出力されたトレンド曲線 $FT(t)$ は各測定時刻での生体情報値の増加度合いである増分を算出する増分算出部4に入力される。増分算出部4では、トレンド曲線 $FT(t)$ からの心拍数 $H(t)$ の増加度合いを表す指標である増分 $ZOU(t)$ が算出される。すなわち、増分 $ZOU(t)$ を心拍数 $H(t)$ とトレンド曲線 $FT(t)$ を用いて次式のように定義する。

$$【0026】ZOU(t) = H(t) - FT(t)$$

このようにして求められる増分 $ZOU(t)$ は、たとえば、図7のようになる。図7は、図6の心拍数 $H(t)$ とトレンド曲線 $FT(t)$ から得られる一晩の増分の推移を示すものである。

【0027】またばらつき度算出部5では、計測部1より入力された心拍数 $H(t)$ のばらつき度合いを算出するようになっている。まず、計測された心拍数 $H(t)$ とその1分前に計測された心拍数 $H(t-1)$ の差の絶対値(差分 $SABUN(t)$ とする)を算出する。差分 $SABUN(t)$ の算出式は次式のように定義する。

【0028】

$abs(H(t) - H(t-1)) < 6$ の場合

$$SABUN(t) = abs(H(t) - H(t-1))$$

$abs(H(t) - H(t-1)) \geq 6$ の場合

$$SABUN(t) = 6$$

さらに、差分 $SABUN(t)$ を用いてばらつき度 $BARA(t)$ を次式のように算出する。

【0029】 $t=1$ の場合

$$BARA(1) = SABUN(1)$$

$t=2$ の場合

$$BARA(1) = SABUN(1) + SABUN(2)$$

$t=3$ の場合

$$BARA(1) = SABUN(1) + SABUN(2) + SABUN(3)$$

$t=4$ の場合

$$BARA(1) = SABUN(1) + SABUN(2) + SABUN(3) + SABUN(4)$$

$t \geq 5$ の場合

$$BARA(t) = SABUN(t-4) + SABUN(t-3) + SABUN(t-2) + SABUN(t-1) + SABUN(t)$$

このようにして求めたばらつき度 $BARA(t)$ は、例えば図8のようになる。

【0030】そして上記のようにして、増分算出部4で算出されて出力された増分 $ZOU(t)$ と、ばらつき度算出部5で算出されて出力されたばらつき度 $BARA(t)$ は、睡眠状態出現確率密度分布表6をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部7に入力される。睡眠状態出現確率算出部7では、増分算出部4から出力された増分 $ZOU(t)$ とばらつき度算

出部5から出力されたばらつき度 $BARA(t)$ の組み合わせから、各睡眠状態ごとの睡眠状態出現確率密度分布表6をもとにして、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4種類の各睡眠状態の出現確率を算出するようになっている。

【0031】睡眠状態出現確率密度分布表6は、たとえば89夜分(時間では約4万2000分)の夜間の睡眠状態のデータを基に作成されているものである。すなわち、この約4万2000分のデータの1分1分ごとに心拍数の増分とばらつき度が計算されており、その1分1分ごとに睡眠状態が脳波のデータから判定されている。そしてこれらのデータから、1分の心拍数の増分とばらつき度の組み合わせと、睡眠状態の種類との関係を解析することによって、その1分の睡眠状態が、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態である確率、レム睡眠期である確率、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態である確率、覚醒状態である確率をそれぞれ算出することができる。睡眠状態出現確率密度分布表6はこれらの確率をまとめたものであって、図9にその一例を示すように、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態(non-REM)、レム睡眠期(REM)、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態(SWS)、覚醒状態(WAKE)の各睡眠状態ごとの出現確率密度分布表6a, 6b, 6c, 6dからなるものであり、各睡眠状態ごとの睡眠状態出現確率密度分布表6a, 6b, 6c, 6dには増分とばらつき度の組み合わせからその睡眠状態の出現確率が求められるように2次元の表になっている。例えば図9にみられるように、増分が

「3」、ばらつきが「5」となると、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態(non-REM)の出現確率は68.5%になる。そしてこのように睡眠状態出現確率算出部7で算出されて出力された各睡眠状態ごとの出現確率は、睡眠状態推定部8に入力される。

【0032】睡眠状態推定部8では、睡眠状態出現確率算出部7から出力された4つの各睡眠状態ごとの出現確率を比べ、最も大きな値を示した睡眠状態をその時刻の睡眠状態と推定するようにしてあり、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4種類のいずれの睡眠状態であるかを推定することができるものである。

【0033】次に、図10は請求項4の発明に係る装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。計測部1、トレンド曲線算出部3、増分算出部4、ばらつき度算出部5、睡眠状態出現確率算出部7は上記の図4の場合と同じである。そして睡眠状態出現確率算出部7で算出されて出力された各睡眠状態ごとの出現確率は、睡眠状態出現比率算出部11に入力される。

【0034】睡眠状態出現割合算出部10では、睡眠の動作開始時からの経過時間から、各睡眠状態の出現割合表9をもとに、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期

の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4種類の各睡眠状態の出現割合を算出するようになっている。この睡眠状態出現割合表9は、前記と同様な夜間の睡眠状態のデータを基にして入床からの経過時間と睡眠状態の種類との関係を解析することによって、4種類の各睡眠状態の出現割合を算出して作成されたものであって、睡眠の開始時から所定時間経過したときの睡眠状態が、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態のいずれであるかの割合を示すものであり、図11に覚醒状態(WAKE)、レム睡眠期(REM)、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態(non-REM)、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態(SWS)の、4通りの各睡眠状態の出現割合表9をグラフ化したものを示す。睡眠状態出現割合算出部6は算出されて出力された各睡眠状態の出現割合は、睡眠状態出現比率算出部11に入力される。

【0035】睡眠状態出現比率算出部11では、睡眠状態出現確率算出部7から出力された各睡眠状態ごとの出現確率と、睡眠状態出現割合算出部10から出力された各睡眠状態の出現割合とを掛け合わせて、各睡眠状態の出現比率を算出するようになっている。そして睡眠状態出現比率算出部11で算出されて出力された各睡眠状態の出現比率は、睡眠状態推定部8に入力される。

【0036】睡眠状態推定部8では、睡眠状態出現比率算出部11から出力された各睡眠状態ごとの出現比率を比べ、最も大きな値を示した状態をその時刻の睡眠状態

d_s : 最終の計測時間

$t = d_s$ の時

$RT(d_s) = H(d_s)$

$t < d_s$ の時

$H(t) \geq RT(t+1)$ の時

$H(t) < RT(t+1)$ の時

そして後トレンド曲線算出部13で算出されて出力された後トレンド曲線 $RT(t)$ は、トレンド曲線算出部14に入力される。

【0041】トレンド曲線算出部14では、前トレンド曲線算出部12から出力された前トレンド曲線 $FT(t)$ と、後トレンド曲線算出部13から出力された後トレンド曲線 $RT(t)$ のうち、各測定時刻においてより大きな値を採るほうを採用し、トレンド曲線 $TRE(t)$ を算出するようになっている。このようにしてトレンド曲線算出部14で算出されて出力されたトレンド曲線 $TRE(t)$ は、各測定時刻での生体情報値の増加度を算出する増分算出部4に入力される。

【0042】増分算出部4では、トレンド曲線 $TRE(t)$ からの心拍数 $H(t)$ の増加度合いを表す指標である増分 $ZOU(t)$ を算出する。すなわち、増分 $ZOU(t)$ を心拍数 $H(t)$ とトレンド曲線 $TRE(t)$ を用いて次式のように定義する。

【0043】 $ZOU(t) = H(t) - TRE(t)$

と推定するようになし、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4種類のいずれの睡眠状態であるかを推定することができるものである。

【0037】次に、図12は請求項5の発明に係る装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。計測部1は上記の図4の場合と同じである。そして計測部1から出力された単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ は、前トレンド曲線算出部12、後トレンド曲線算出部13、増分算出部4、ばらつき度算出部5に出力される。

【0038】前トレンド曲線算出部12では、生体情報値の時系列の進行方向の時間変化での増減傾向を表すように設定した前トレンド曲線 $FT(t)$ を算出するようになっている。この前トレンド曲線 $FT(t)$ を算出する動作は図4でのトレンド曲線算出部3の動作と同じである。そして前トレンド曲線算出部12から出力された前トレンド曲線 $FT(t)$ は、トレンド曲線算出部14に入力される。

【0039】また後トレンド曲線算出部13では、生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化での増減傾向を表すように設定した後トレンド曲線 $RT(t)$ を算出するようになっている。すなわち、後トレンド曲線算出部13は図13のフローチャートに示すように動作し、入力された単位時間あたりの心拍数 $H(t)$ より次式のように後トレンド曲線 $RT(t)$ を定義する。

【0040】

$RT(t) = RT(t+1)$

$RT(t) = H(t)$

ばらつき度算出部5については、図4のものと同一である。

【0044】そして、増分算出部4で算出されて出力された増分 $ZOU(t)$ と、ばらつき度算出部5で算出されて出力されたばらつき度 $BARA(t)$ は、睡眠状態出現確率密度分布表6をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部7に入力され、各睡眠状態ごとの出現確率が算出される。この各睡眠状態ごとの出現確率は睡眠状態推定部8に入力され、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノンレム睡眠期の深い睡眠状態の、4種類のいずれの睡眠状態であるかを推定する。睡眠状態出現確率算出部7と睡眠状態推定部8については図4のものと同一である。

【0045】次に、図14は請求項6の発明に係る装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。計測部1、前トレンド曲線算出部12、後トレンド曲線算出部13、トレンド曲線算出部14、増分算出部4、ばらつき度算出部5、睡眠状態出現確率算出部7については、

図 12 のものと同じである。また睡眠状態出現割合算出部 10、睡眠状態出現比率算出部 11、睡眠状態推定部 8 については図 10 のものと同じである。

【0046】そして睡眠状態出現確率算出部 7 で算出されて出力された各睡眠状態の出現確率と、睡眠状態出現割合算出部 10 で算出されて出力された各睡眠状態の出現割合は、それぞれ睡眠状態出現比率算出部 11 に入力され、各睡眠状態の出現比率が算出される。この各睡眠状態の出現比率は睡眠状態推定部 8 に入力され、覚醒状態、レム睡眠期、ノンレム睡眠期の浅い睡眠状態、ノン

レム睡眠期の深い睡眠状態の、4 種類のいずれの睡眠状態であるかを推定する。

【0047】次に図 15 は請求項 7 の発明に係る装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。計測部 1 から睡眠状態推定部 8 までについては図 4 のものと同じである。

【0048】そして睡眠状態推定部 8 で推定された睡眠状態の推定結果は、睡眠状態推定部 8 から出力されて睡眠判定調整部 15 に入力される。睡眠判定調整部 15 では、入力された睡眠状態の推定結果をもとに、入眠と推定した後、予め設定してあった時間（例えば 10 分）の間は深い睡眠状態と判定しないように推定結果を訂正するようになっている。

【0049】次に図 16 は請求項 8 の発明に係る装置の制御部の基本構成の一例を示すものである。計測部 1 から睡眠状態推定部 8 までについては図 4 のものと同じである。

【0050】そして睡眠状態推定部 8 で推定された睡眠状態の推定結果は、睡眠状態推定部 8 から出力されて睡眠判定調整部 16 に入力される。睡眠判定調整部 16 では、入力された睡眠状態の推定結果をもとに、入眠と推定した後、ばらつき度が予め設定してある閾値未満である状態が、連続して予め設定してある時間の間持続した場合には、深い睡眠状態と判定するように推定結果を訂正するようになっている。

【0051】

【発明の効果】上記のように本発明の請求項 1 に係る睡眠状態判定方法は、心拍数または脈拍数などの生体情報を計測して、生体情報の時系列の時間変化の増減傾向を表すトレンド曲線を算出し、このトレンド曲線をもとに睡眠状態を判定する睡眠状態判定方法において、トレンド曲線を予め設定された時間の窓関数を用いて算出するようにしたので、睡眠状態を精度良く、しかもリアルタイムで検出することができるものである。

【0052】また請求項 2 の発明は、窓関数を用いてトレンド曲線を算出するにあたって、窓関数の時間の長さを 40 分～70 分としたので、睡眠状態を精度良く検出することができるものである。

【0053】本発明の請求項 3 に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情

報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、生体情報値の時系列の時間変化の傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、睡眠状態出現確率算出部で算出された各睡眠状態の出現確率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備するので、生体情報値の増加度合いとばらつき度合いとから各睡眠状態の出現確率を算出することができ、睡眠状態を精度良く、しかもリアルタイムで検出することができるものである。

【0054】本発明の請求項 4 に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、生体情報値の時系列の時間変化の傾向を表すように設定したトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、動作開始時からの経過時間から、予め設定された各睡眠状態の出現割合表をもとに各睡眠状態の出現割合を算出する睡眠状態出現割合算出部と、上記各睡眠状態出現確率と上記各睡眠状態出現割合を掛け合わせて各睡眠状態出現比率を算出する睡眠状態出現比率算出部と、上記各睡眠状態出現比率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備するので、生体情報値の増加度合いとばらつき度合いに加えて、睡眠状態出現割合表から各睡眠状態の出現割合を算出することができ、時間経過の概念を加えることができ、睡眠状態を精度良く、しかもリアルタイムで検出することができるものである。

【0055】本発明の請求項 5 に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、上記生体情報値の時系列の進行方向の時間変化の傾向を表すように設定した前トレンド曲線を算出する前トレンド曲線算出部と、上記生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化の傾向を表すように設定した後トレンド曲線を算出する後

10

20

30

40

50

トレンド曲線算出部と、上記前トレンド曲線と上記後トレンド曲線のうち各測定時刻において大きいほうの値を採用してトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、上記各睡眠状態の出現確率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備するので、前トレンド曲線と後トレンド曲線から算出されるトレンド曲線をもとにして生体情報値の増加度合いをより生体の状態を正確に反映した値として算出することができ、この生体情報値の増加度合いとばらつき度合いとから各睡眠状態の出現確率を算出することができるものであり、睡眠状態を精度良く、しかもリアルタイムで検出することができるものである。

【0056】本発明の請求項6に係る睡眠状態判定装置は、単位時間あたりの心拍数または脈拍数などの生体情報値を測定して各時刻の生体情報計測値とする計測部と、測定時刻を設定する測定時刻設定部と、上記生体情報値の時系列の進行方向の時間変化の傾向を表すように設定した前トレンド曲線を算出する前トレンド曲線算出部と、上記生体情報値の時系列の逆行方向の時間変化の傾向を表すように設定した後トレンド曲線を算出する後トレンド曲線算出部と、上記前トレンド曲線と上記後トレンド曲線のうち各測定時刻において大きなほうの値を採用してトレンド曲線を算出するトレンド曲線算出部と、上記生体情報値とトレンド曲線から各測定時刻での生体情報値の増加度合いを算出する増分算出部と、上記各測定時刻の前の一定時間内での上記生体情報値のばらつき度合いを算出するばらつき度算出部と、この算出された生体情報値の増分とばらつき度の組み合わせから、予め設定された睡眠状態出現確率密度分布表をもとに各睡眠状態の出現確率を算出する睡眠状態出現確率算出部と、動作開始時からの経過時間から、予め設定された睡眠状態の出現割合表をもとに各睡眠状態の出現割合を算出する睡眠状態出現割合算出部と、上記各睡眠状態出現確率と上記各睡眠状態出現割合を掛け合わせて各睡眠状態出現比率を算出する睡眠状態出現比率算出部と、上記各睡眠状態出現比率のなかで最も大きな数値を採った状態をその測定時刻の睡眠状態と推定する睡眠状態推定部とを具備するので、前トレンド曲線と後トレンド曲線から算出されるトレンド曲線をもとにして生体情報値の増加度合いをより生体の状態を正確に反映した値として算出することができ、しかもこの生体情報値の増加度合いとばらつき度合いに加えて、睡眠状態出現割合表から各

睡眠状態の出現割合を算出することができ、時間経過の概念を加えることができ、睡眠状態を精度良く、しかもリアルタイムで検出することができるものである。

【0057】また請求項7の発明は、上記睡眠状態推定部より出力された推定結果に対して、入眠と推定した後、予め設定された時間の間は深い睡眠状態にならないように推定結果を訂正する睡眠判定調整部を具備するので、睡眠状態を精度良く検出することができるものである。

10 【0058】また請求項8の発明は、上記睡眠状態推定部より出力された推定結果に対して、入眠と推定した後、ばらつき度が予め設定された閾値未満である状態が連続して予め設定された時間の間持続した場合に、深い睡眠状態となるように推定結果を訂正する睡眠判定調整部を具備するので、睡眠状態を精度良く検出することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1, 2の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

20 【図2】同上のトレンド曲線算出部の動作を示すフローチャートである。

【図3】同上の一晚の心拍数の推移とそれに対応するトレンド曲線を示すグラフである。

【図4】請求項3の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

【図5】同上のトレンド曲線算出部の動作を示すフローチャートである。

【図6】同上の一晚の心拍数の推移とそれに対応するトレンド曲線を示すグラフである。

30 【図7】同上の一晚の心拍数の増分の推移を示すグラフである。

【図8】同上の一晚の心拍数のばらつき度を示すグラフである。

【図9】同上の睡眠状態出現確率密度分布表を示す図である。

【図10】請求項4の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

【図11】同上の睡眠状態の出現割合表のグラフである。

40 【図12】請求項5の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

【図13】同上の後トレンド曲線算出部の動作を示すフローチャートである。

【図14】請求項6の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

【図15】請求項7の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

【図16】請求項8の発明の実施の形態の一例における制御部のブロック図である。

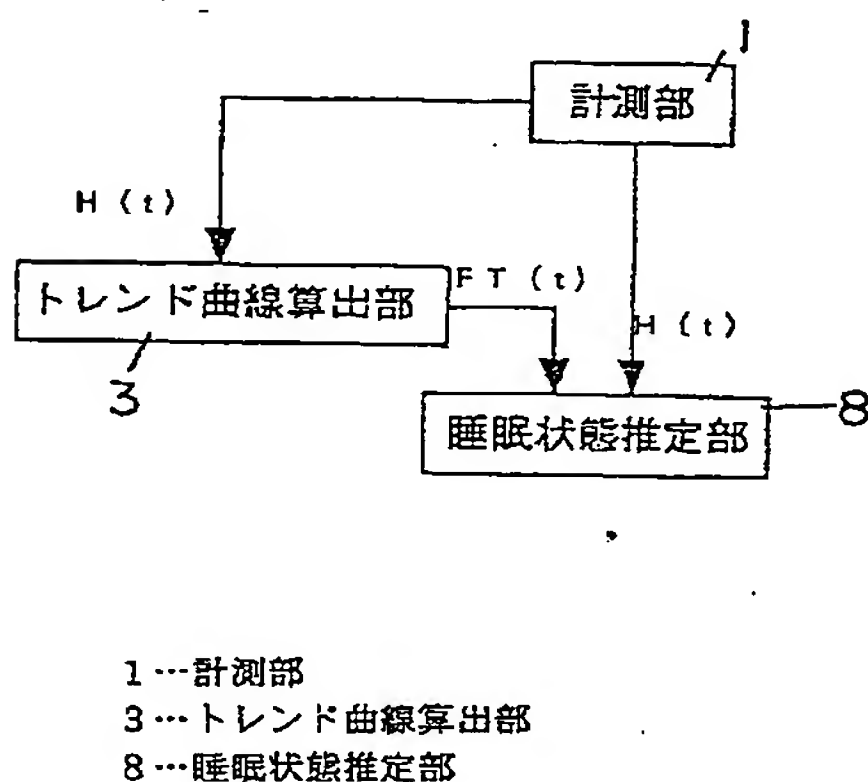
50 【図17】(a)は一晚の睡眠状態の推移の一例を示す

グラフ、(b) は一晩の心拍数の推移の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

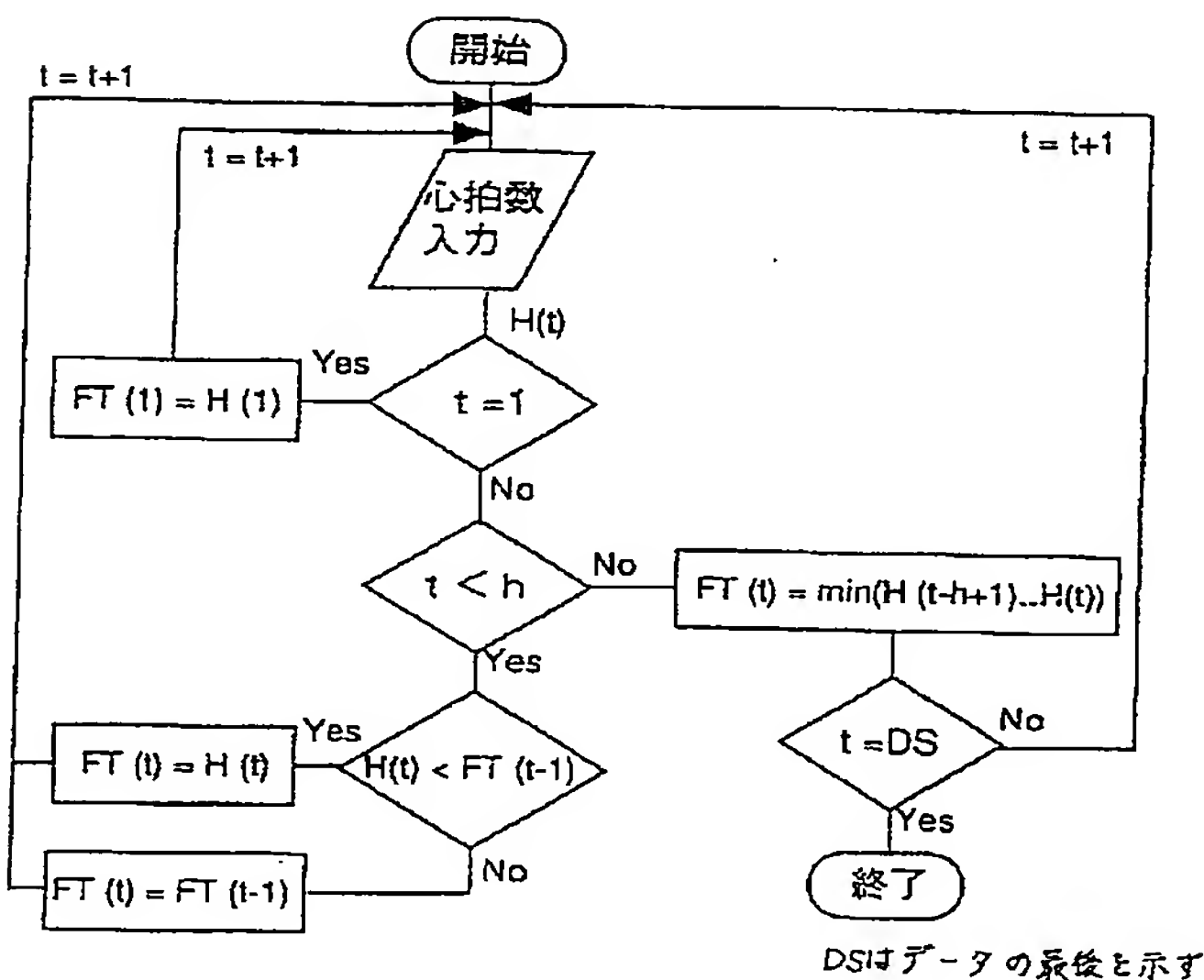
- 1 計測部
- 2 測定時刻設定部
- 3 トレンド曲線算出部
- 4 増分算出部
- 5 ばらつき度算出部
- 6 睡眠状態出現確率密度分布表
- 7 睡眠状態出現確率算出部

【図 1】

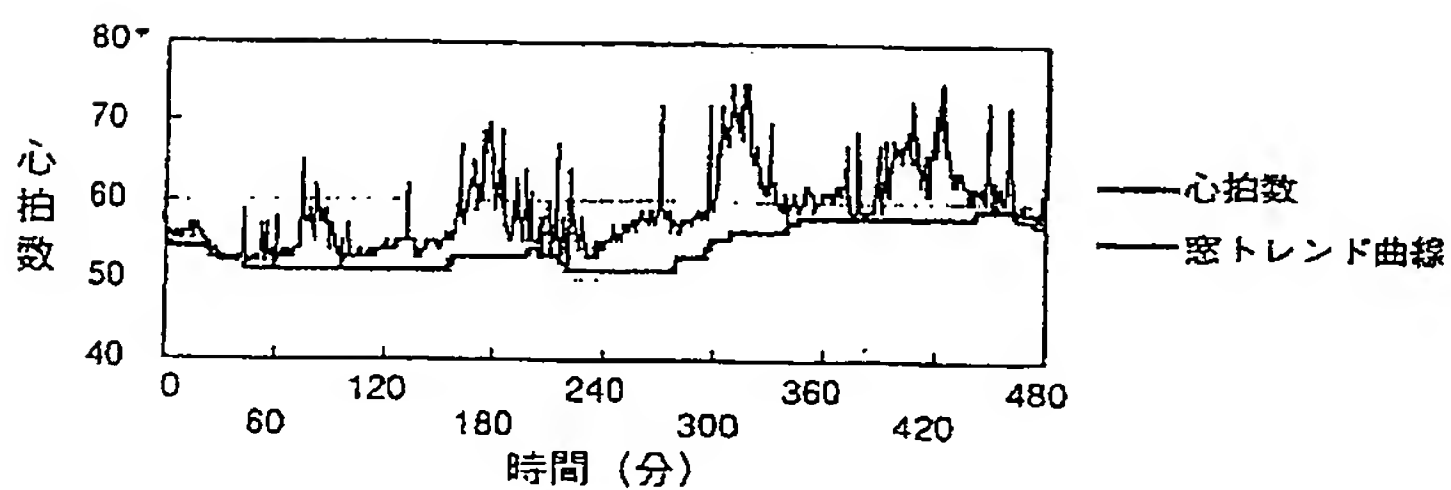


- 8 睡眠状態推定部
- 9 睡眠状態出現割合表
- 10 睡眠状態出現割合算出部
- 11 睡眠状態出現比率算出部
- 12 前トレンド曲線算出部
- 13 後トレンド曲線算出部
- 14 トレンド曲線算出部
- 15 睡眠判定調整部
- 16 睡眠判定調整部

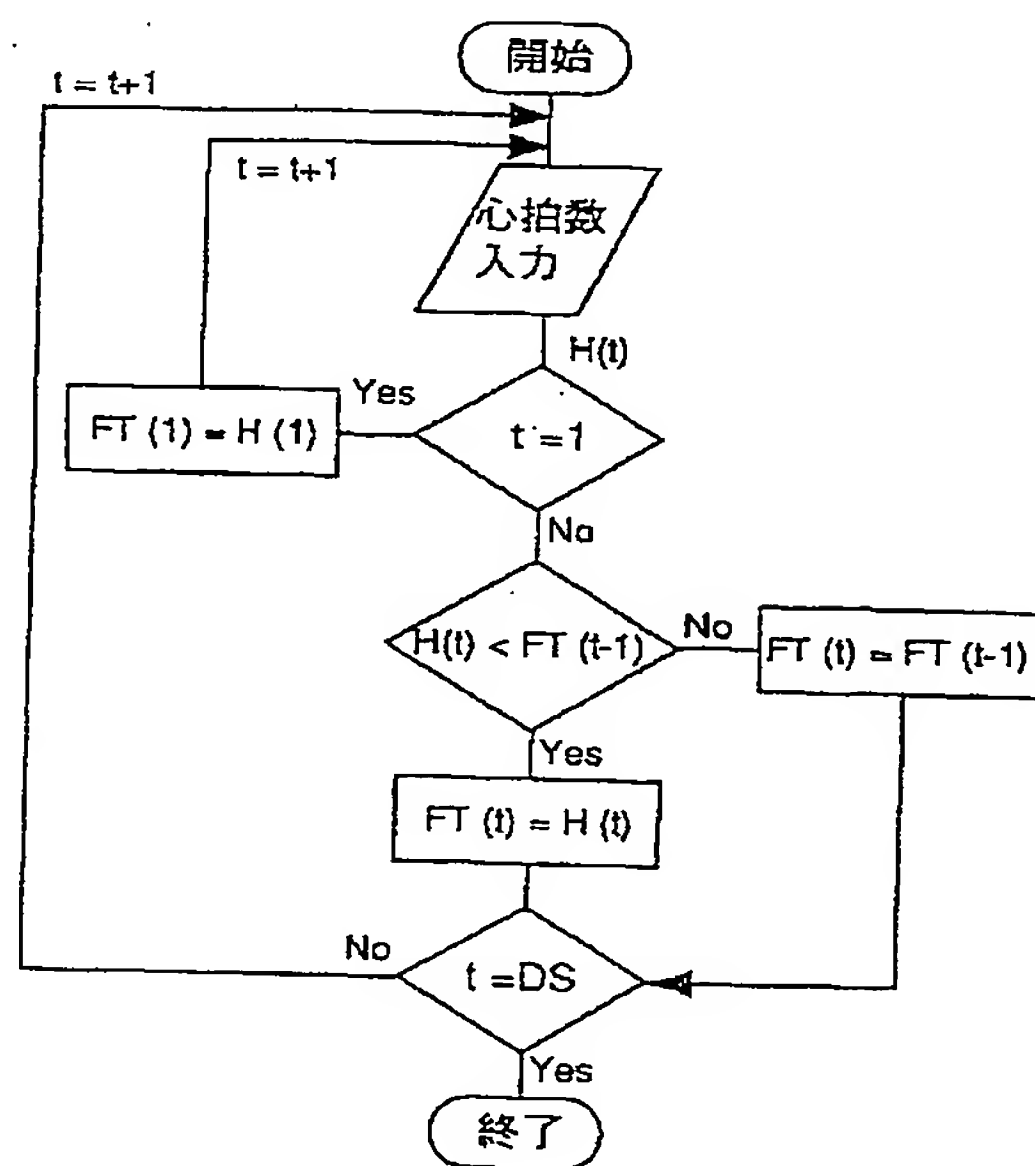
【図 2】



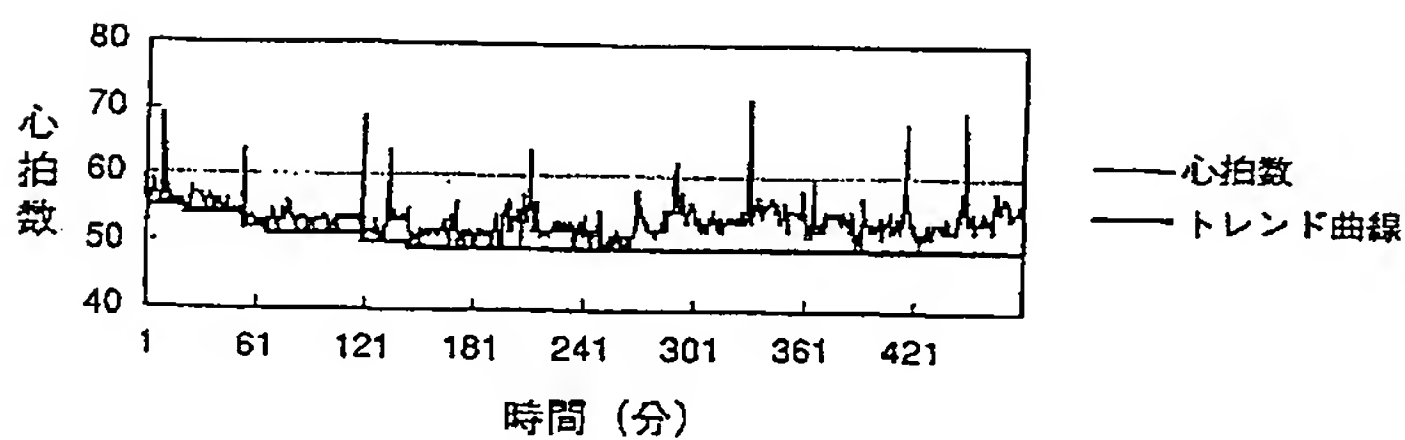
【図 3】



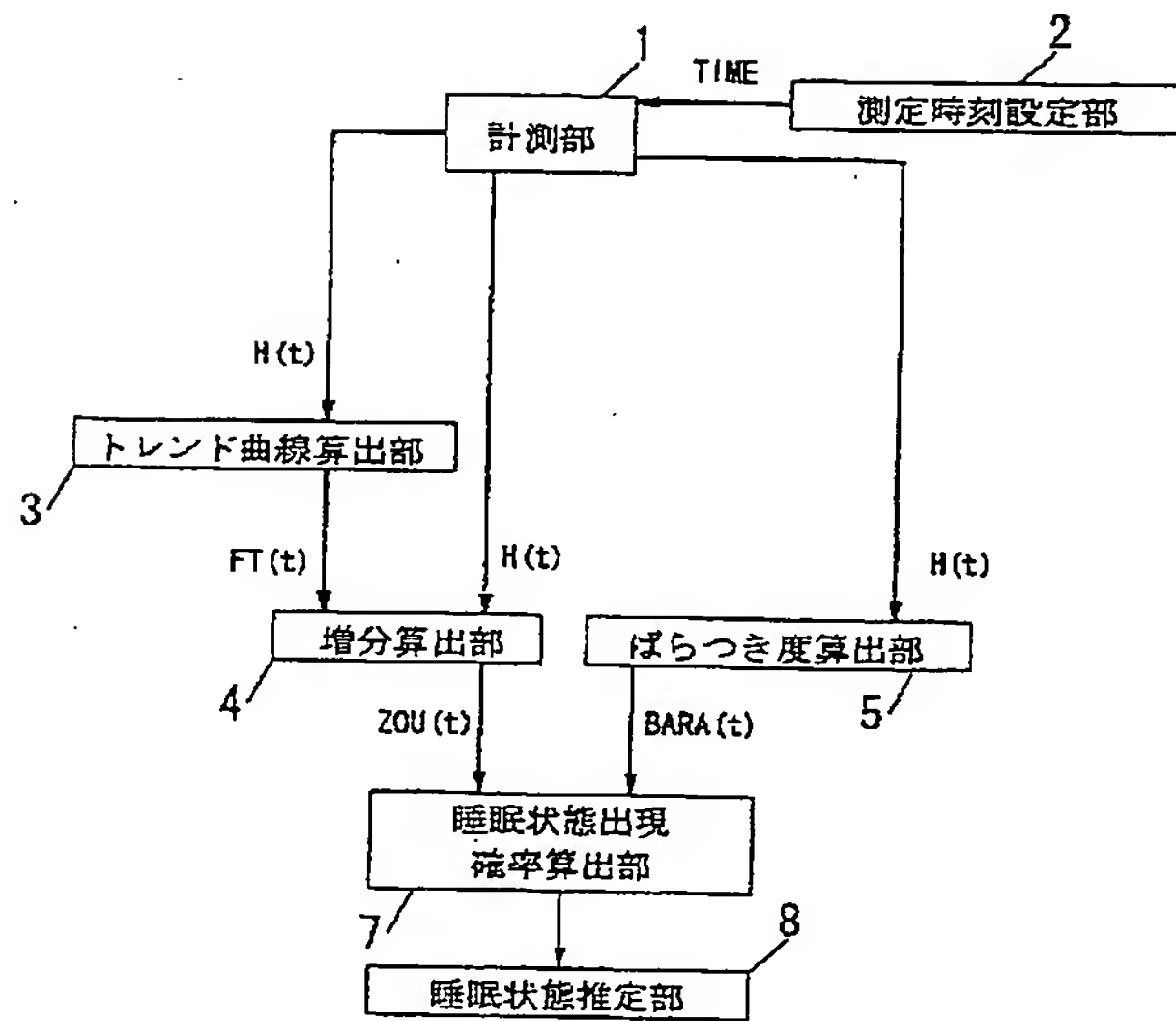
【図 5】



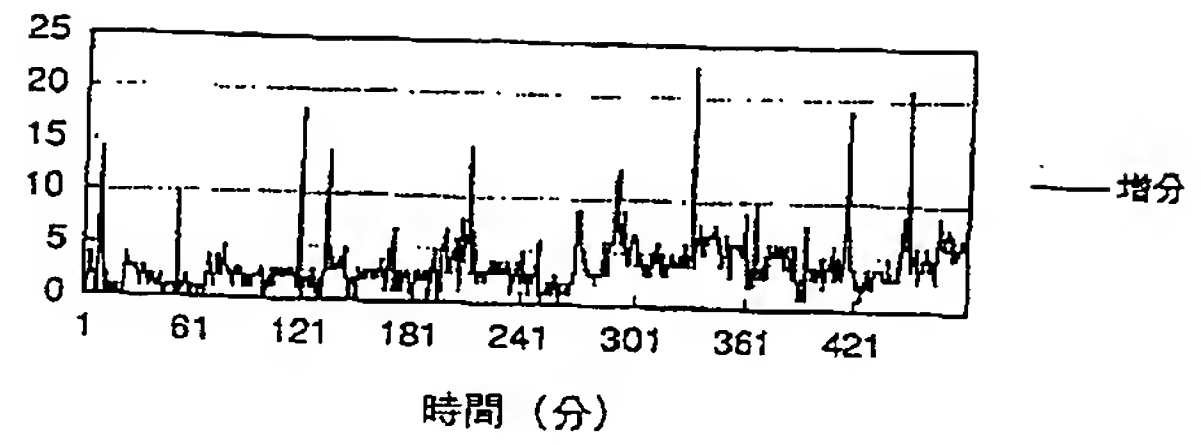
【図 6】



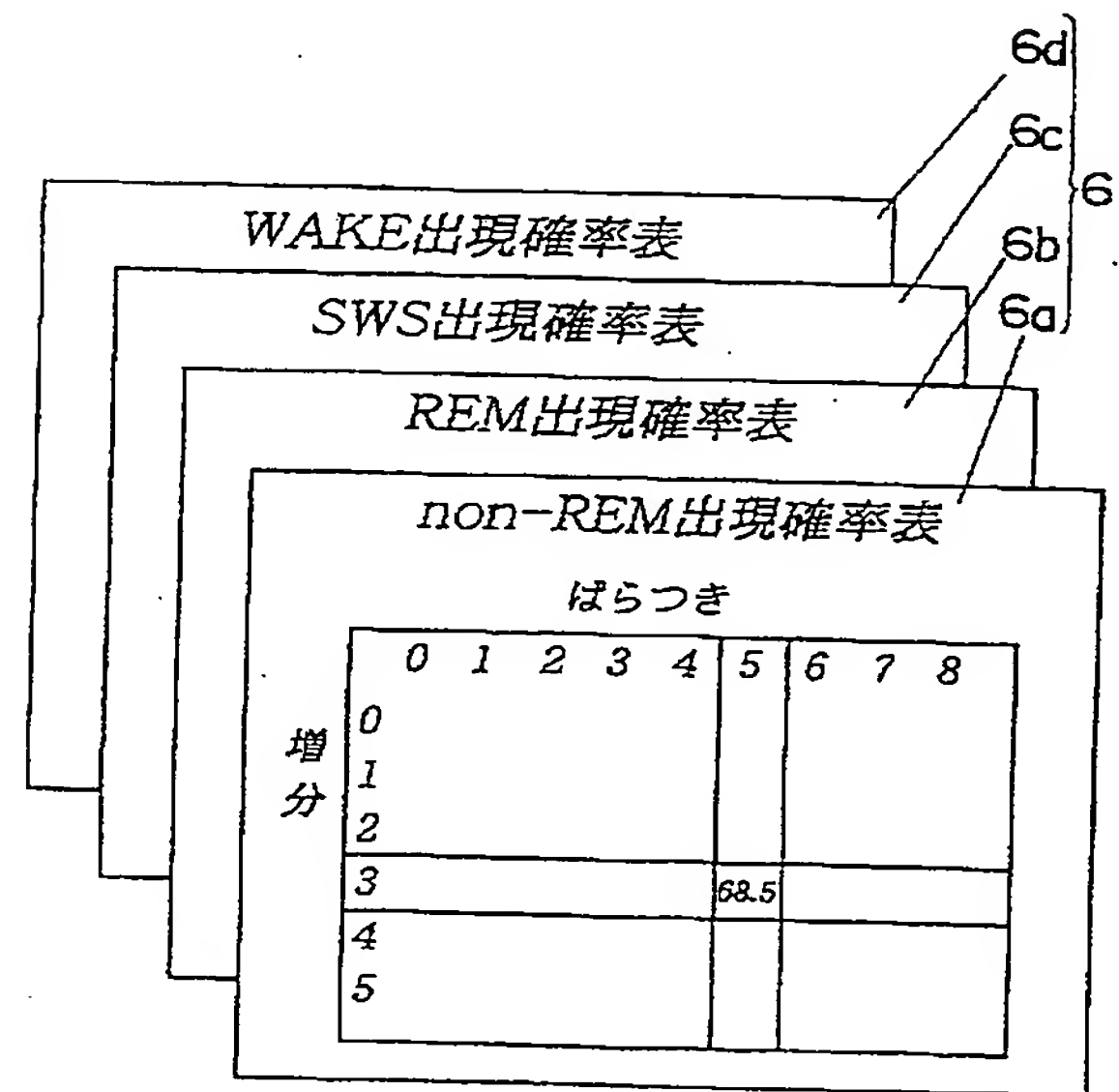
【図 4】



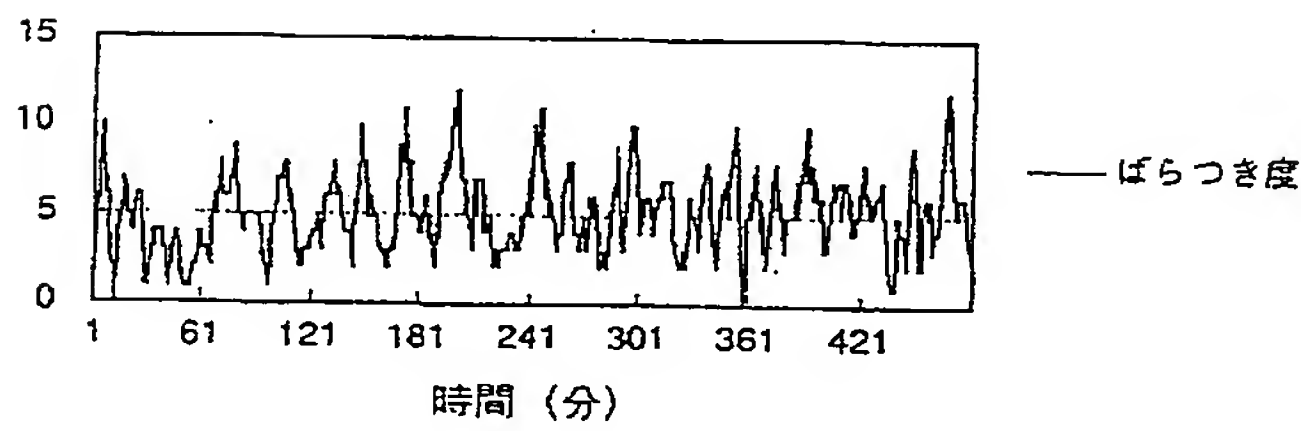
【図 7】



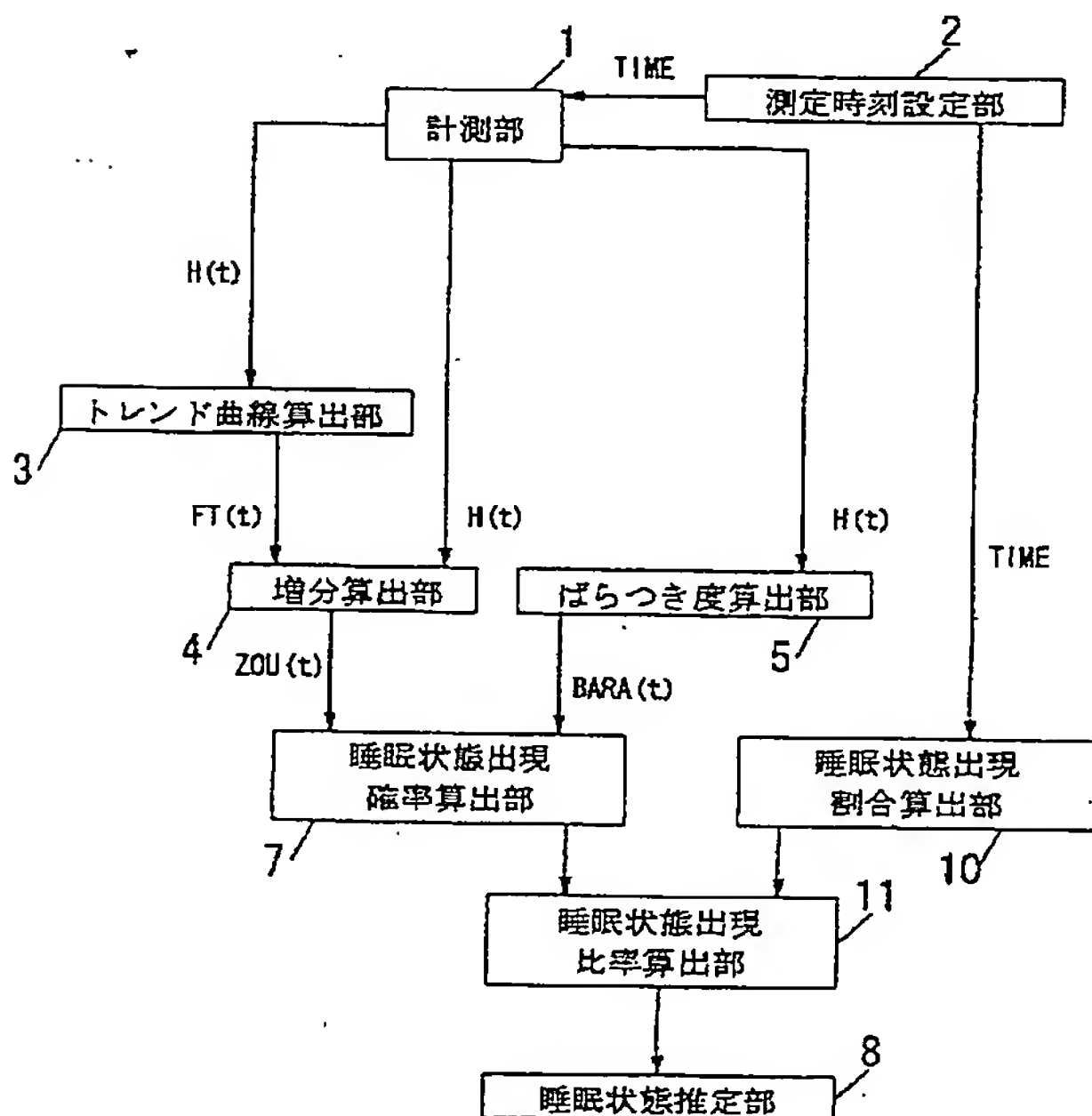
【図 9】



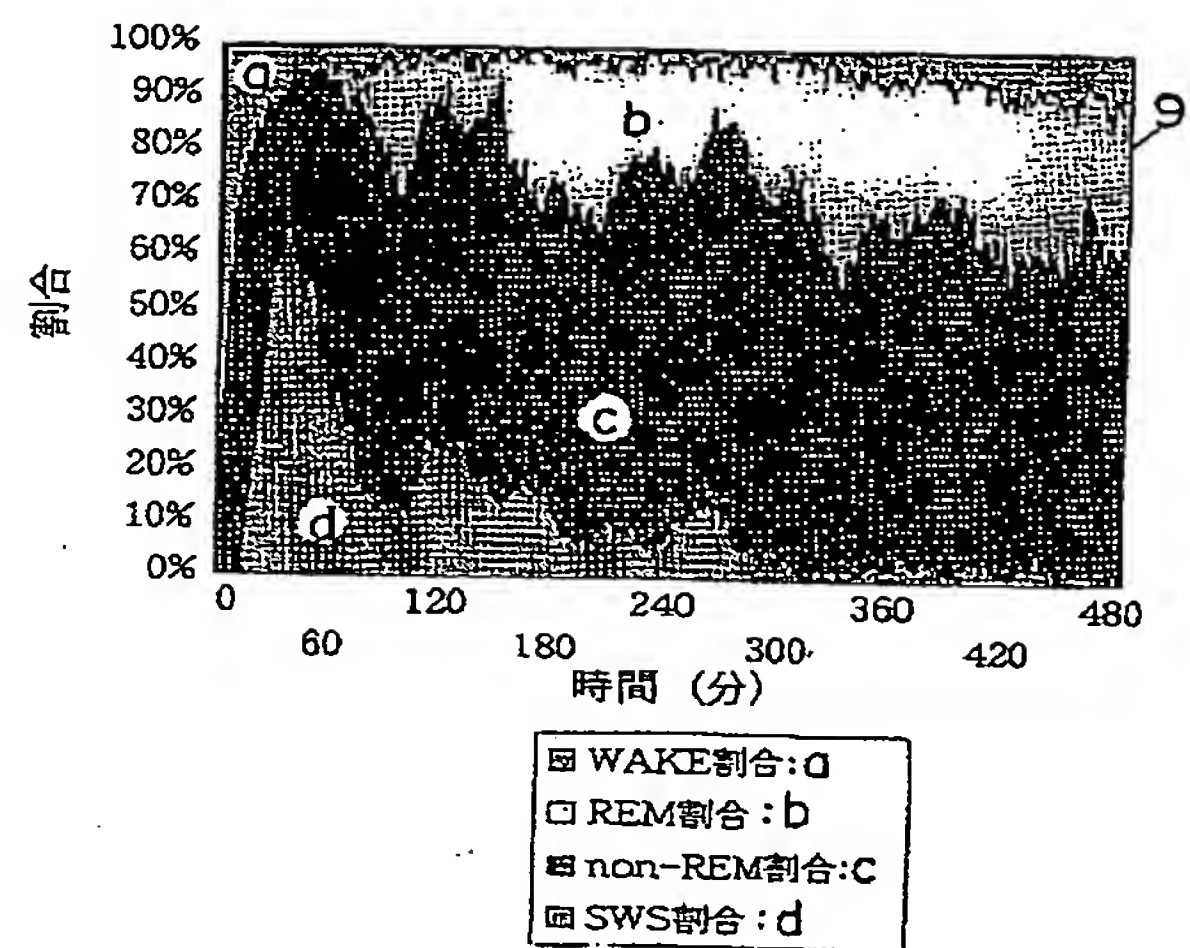
【図 8】



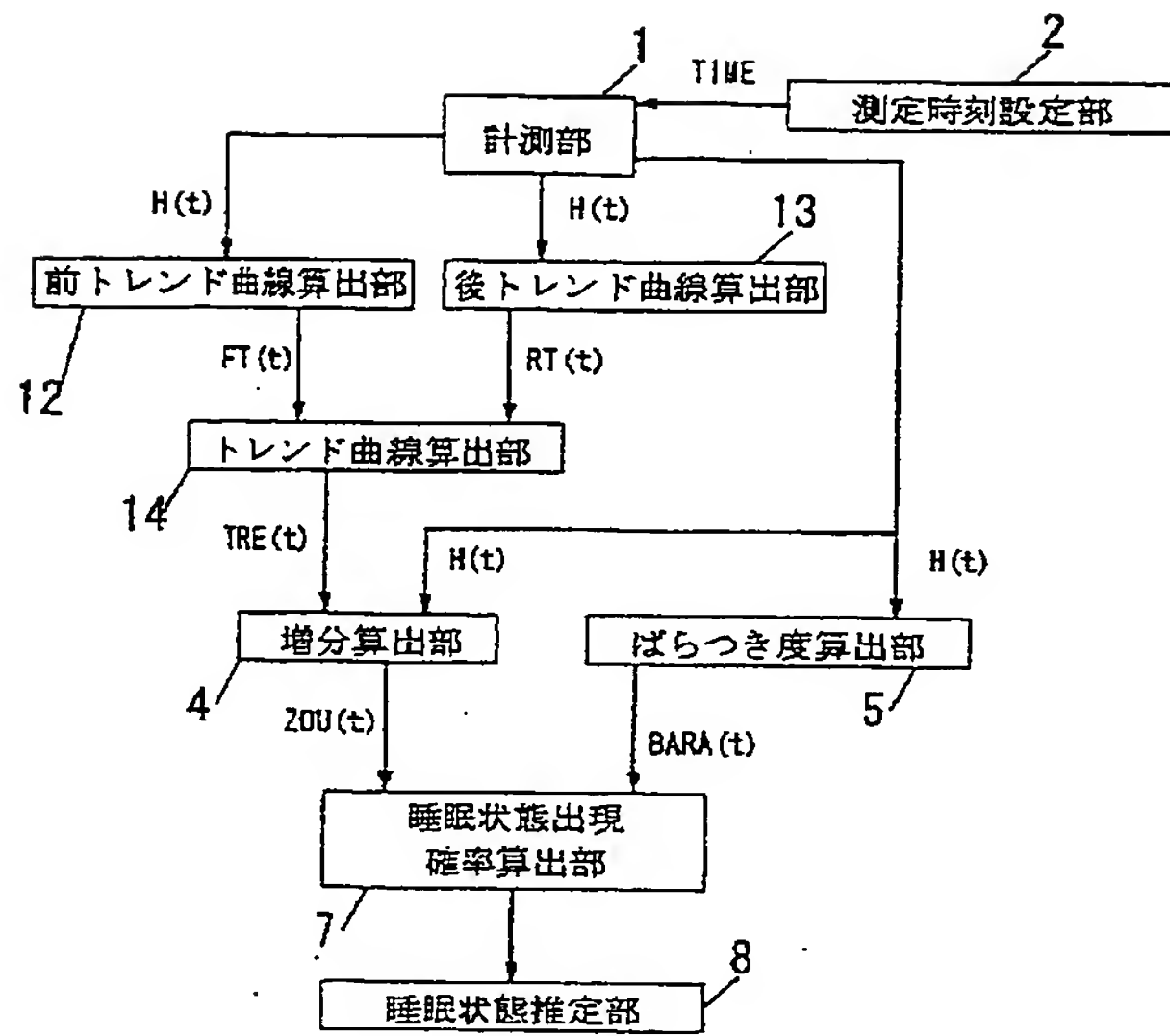
【図 10】



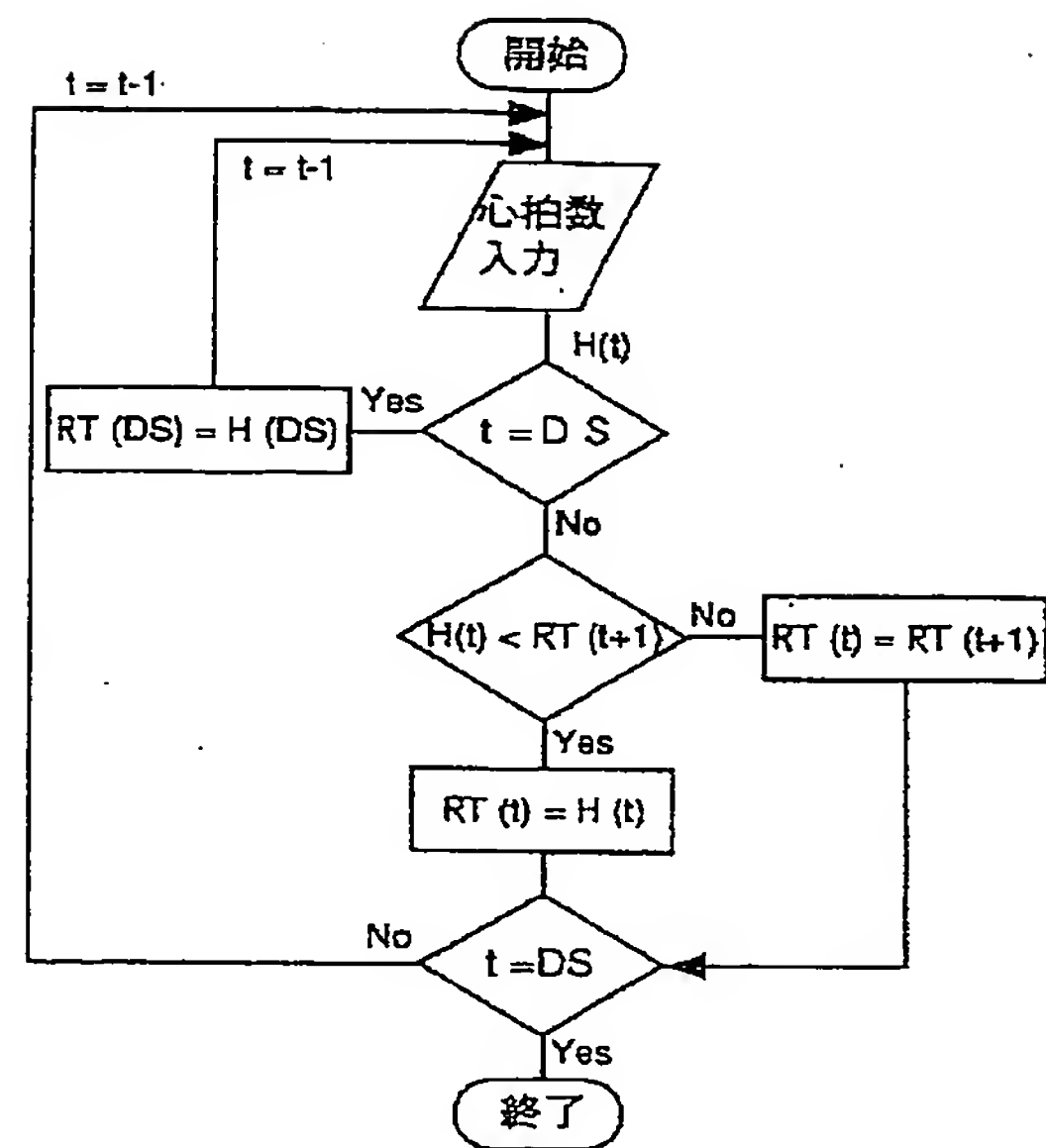
【図 11】



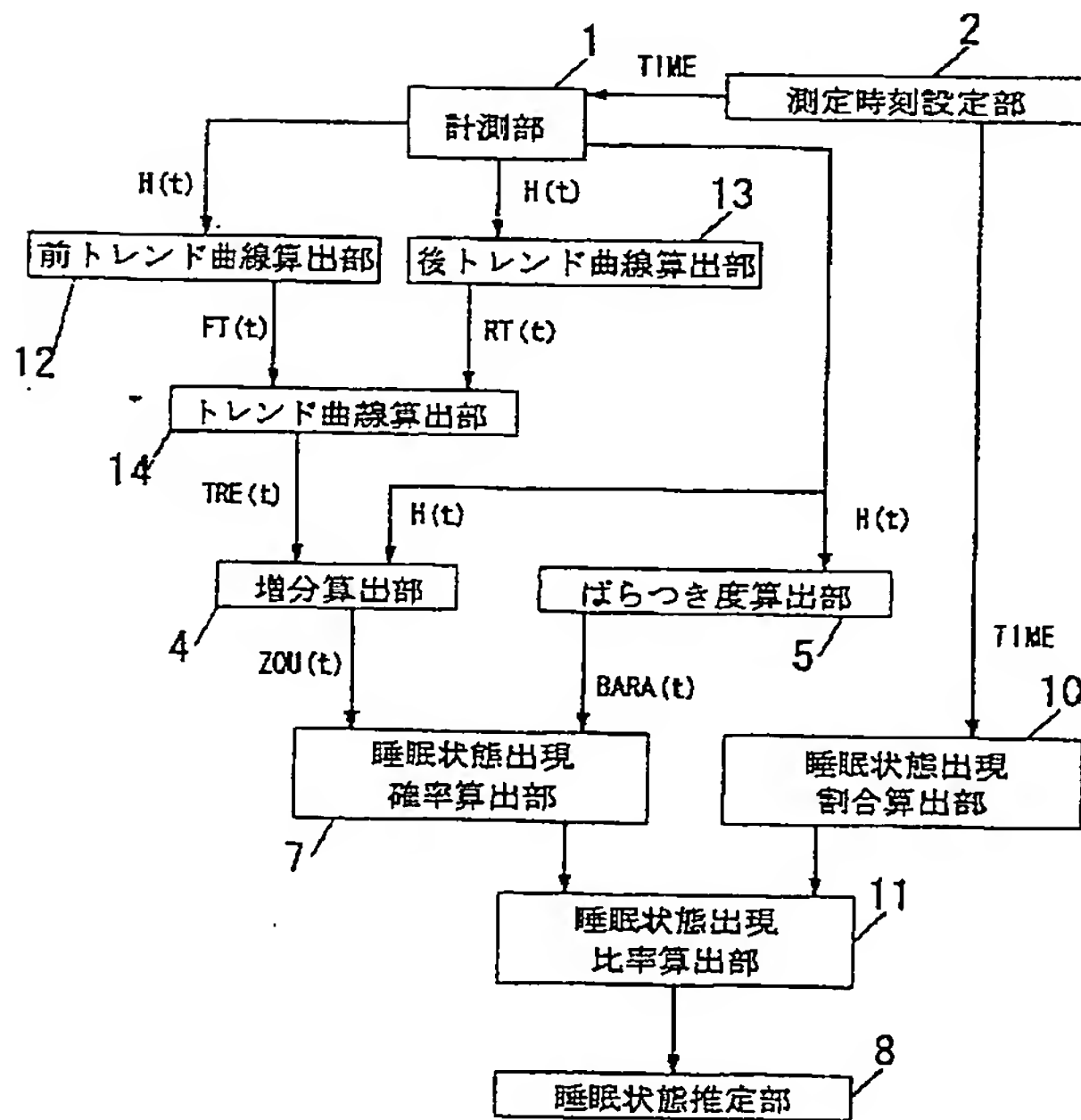
【図 12】



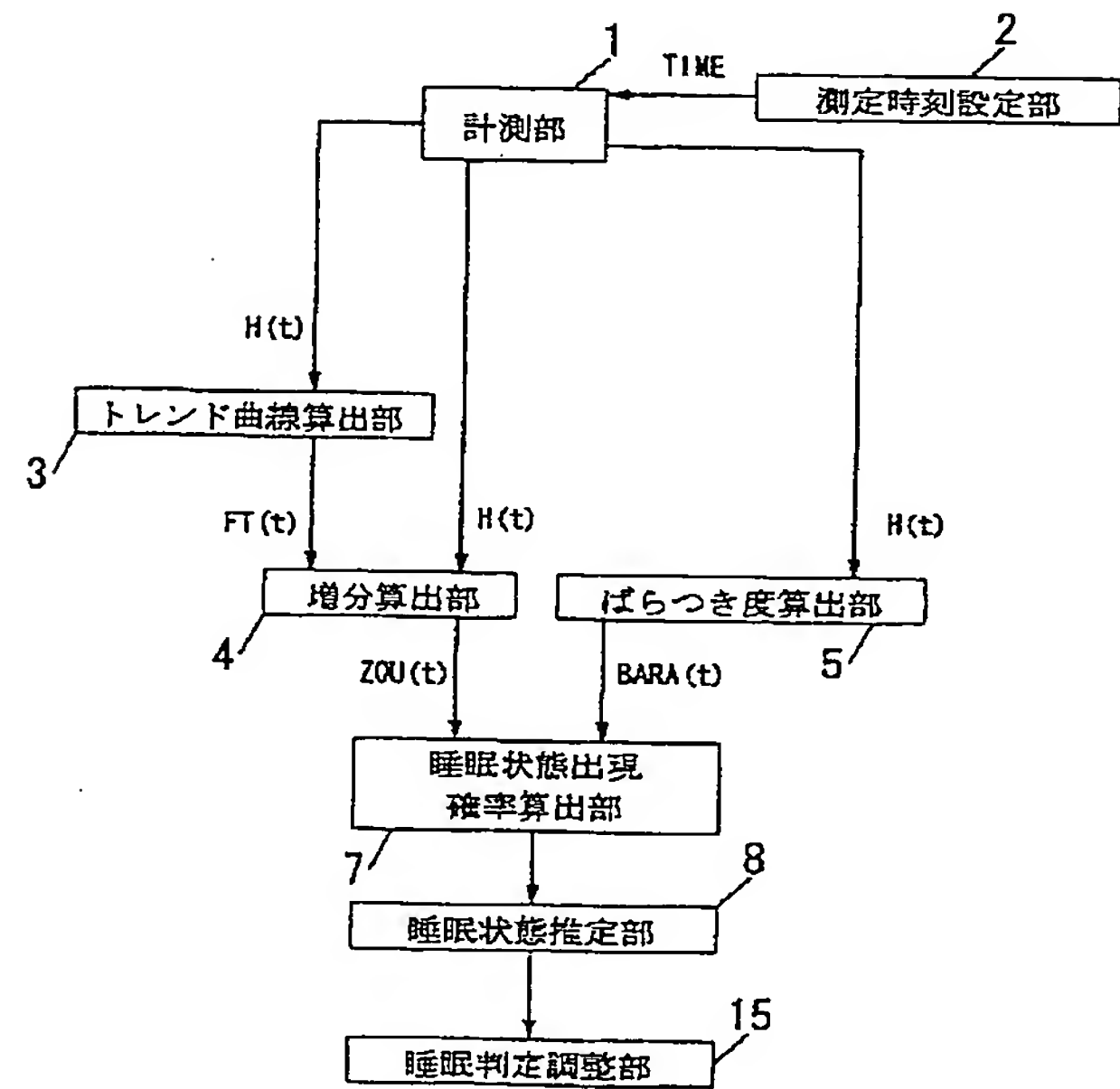
【図 13】



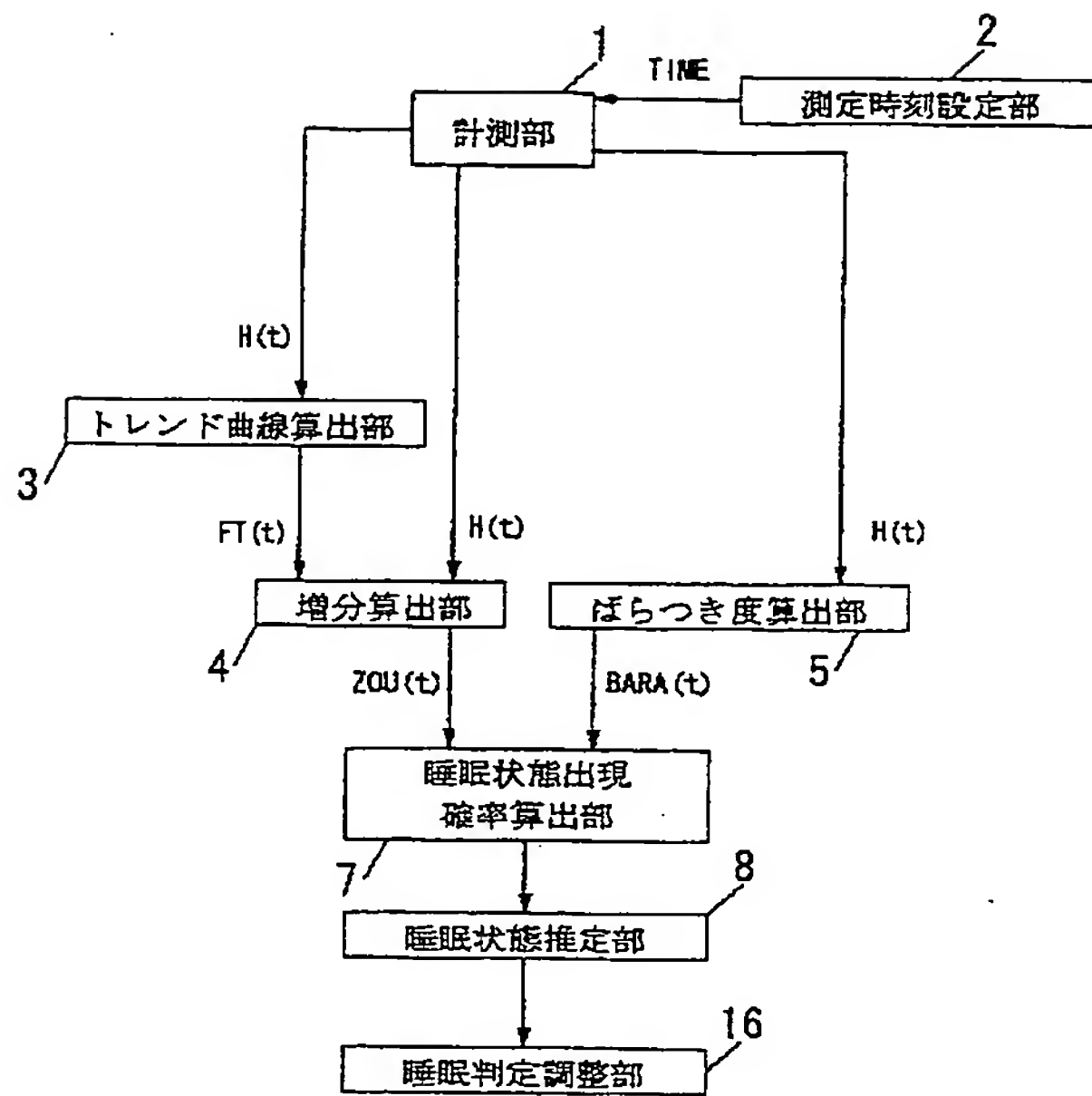
【図 14】



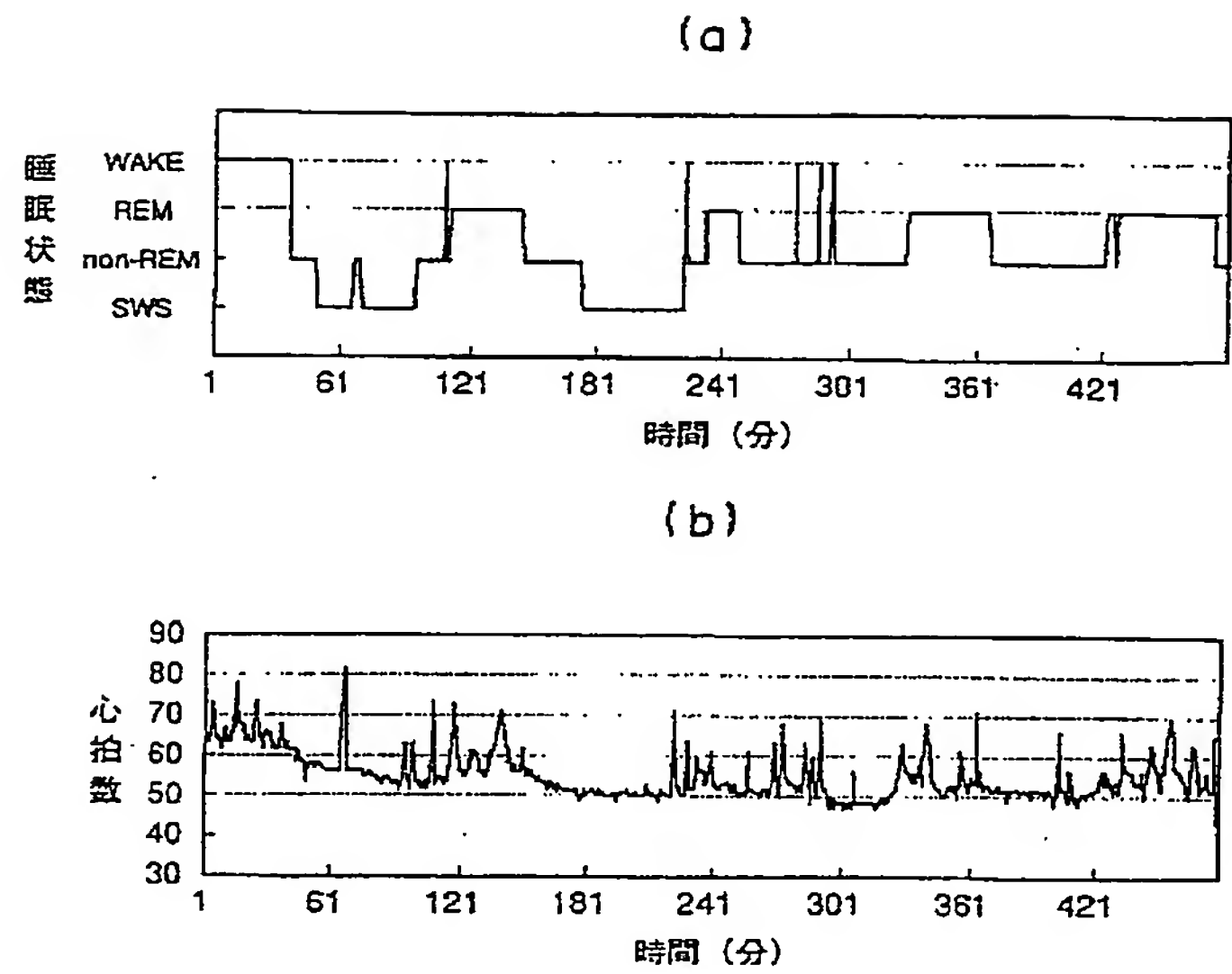
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(72)発明者 中野 紀夫
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 道盛 章弘
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 萩原 啓
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

Fターム(参考) 4C017 AA02 AA10 AC16 BC11
4C038 PP05 PQ00 PS00

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-061820

(43)Date of publication of application : 13.03.2001

(51)Int.Cl.

A61B 5/16
A61B 5/0205

(21)Application number : 11-240532

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC
WORKS LTD

(22)Date of filing : 26.08.1999

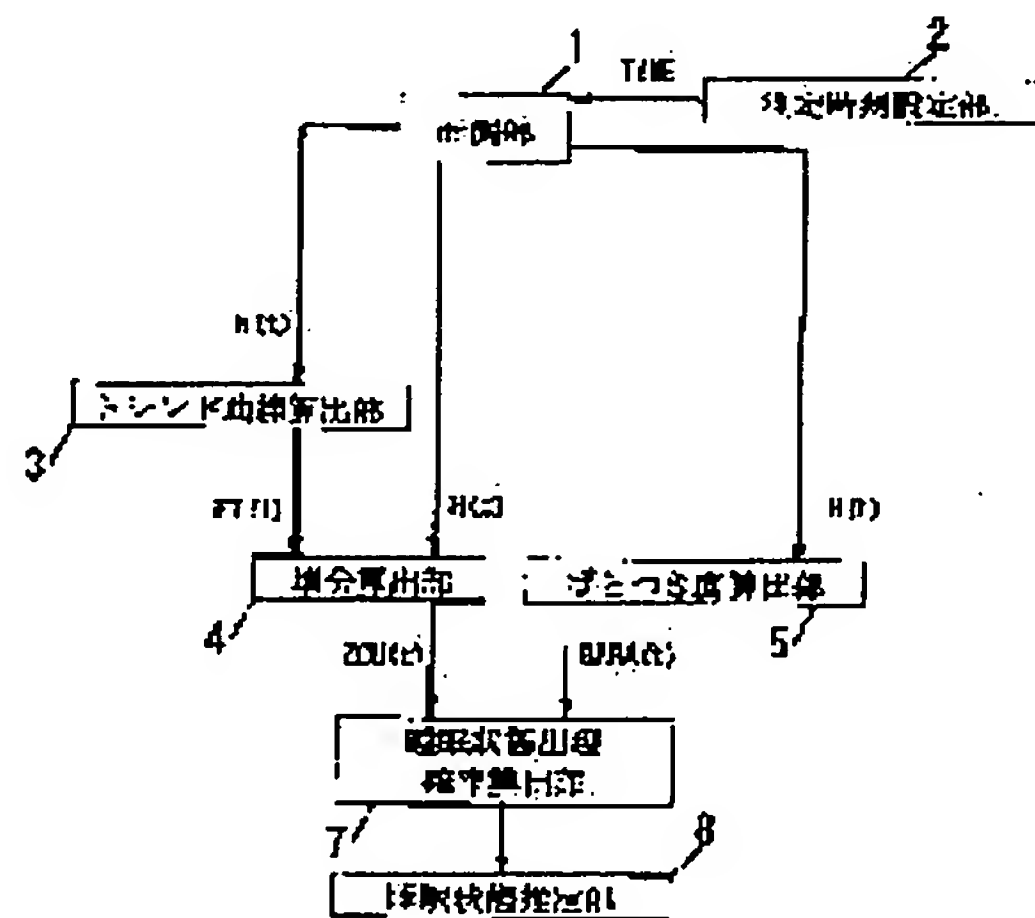
(72)Inventor : IBE HIROYUKI
FUKUYORI KAORU
NAKANO NORIO
MICHIMORI AKIHIRO
HAGIWARA HIROSHI

(54) SLEEPING STATE JUDGING METHOD AND SLEEPING STATE JUDGING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To accurately detect a sleeping state by calculating a trend curve for showing an increase/decrease tendency of a time change in time series of living body information such as the heartbeat number, and calculating the trend curve by using a window function of preset time when judging a sleeping state on the basis of the curve.

SOLUTION: A measuring part 1 is arranged to measure a living body information value such as the heartbeat number per unit time as a living body information measured value, and a trend curve for showing a tendency of a time change in time series of the living body information value is calculated by a trend curve calculating part 3. An increase in the living body information value in each measured time is calculated by an increase calculating part 4 from the living body information value and the trend curve to calculate a fluctuation degree of the living body information value in a specific time before each measured time by a fluctuation degree calculating part 5. An appearance probability of respective sleeping states is calculated by a calculating part from a combination of the increase and the fluctuation degree of the living body information value, and a state of adopting a maximum numeric value among the appearance probability of the respective



sleeping states is estimated as a sleeping state of the corresponding measured time by an estimating part 8.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3788126

[Date of registration] 07.04.2006

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The sleep state judging approach characterized by computing the trend curve showing the increase and decrease of an inclination of time amount change of the time series of biological information by measuring biological information, such as a heart rate or a pulse rate, and computing a trend curve using the windowing function of the time amount set up beforehand in the sleep state judging approach of judging a sleep state based on this trend curve.

[Claim 2] The sleep state judging approach according to claim 1 which is characterized by making the die length of the time amount of a windowing function into 40 minutes - 70 minutes in computing a trend curve using a windowing function.

[Claim 3] The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The trend curvilinear calculation section which computes the trend curve set up so that the inclination of time amount change of the time series of a biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, Sleep state judging equipment characterized by providing the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in the appearance probability of each sleep state computed in the sleep state appearance probability calculation section to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[Claim 4] The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The trend curvilinear calculation section which computes the trend curve set up so that the inclination of time amount change of the time series of a biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, The sleep state appearance rate calculation section which computes the appearance rate of each sleep state based on the appearance rate table of each sleep state set up beforehand from the elapsed time from the time of initiation of operation, The sleep state appearance ratio calculation section which computes each sleep state

appearance ratio by multiplying each above-mentioned sleep state appearance probability and each above-mentioned sleep state appearance rate, Sleep state judging equipment characterized by providing the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in each above-mentioned sleep state appearance ratio to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[Claim 5] The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The front trend curvilinear calculation section which computes the front trend curve set up so that the inclination of time amount change of the travelling direction of the time series of the above-mentioned biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, The back trend curvilinear calculation section which computes a trend curve after setting up so that the inclination of time amount change of the retrogression direction of the time series of a top Norio object information value may be expressed, The trend curvilinear calculation section which computes a trend curve by adopting the value of the larger one in each measurement time of day among the trend curve before the above, and the trend curve after the above, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, Sleep state judging equipment characterized by providing the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in the appearance probability of each above-mentioned sleep state to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[Claim 6] The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The front trend curvilinear calculation section which computes the front trend curve set up so that the inclination of time amount change of the travelling direction of the time series of the above-mentioned biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, The back trend curvilinear calculation section which computes a trend curve after setting up so that the inclination of time amount change of the retrogression direction of the time series of a top Norio object information value may be expressed, The trend curvilinear calculation section which computes a trend curve by adopting the value of the bigger one in each measurement time of day among the trend curve before the above, and the trend curve after the above, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, The sleep state appearance rate calculation section which computes the appearance rate of each sleep state based on the appearance rate table of the sleep state set up beforehand from the elapsed time from the time of initiation of operation, The sleep state appearance ratio calculation section which computes each sleep state appearance ratio by multiplying each above-mentioned sleep state appearance probability and each above-mentioned sleep state appearance rate, Sleep state judging equipment characterized by providing the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in each above-mentioned sleep state appearance ratio to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[Claim 7] It is sleep state judging equipment according to claim 3 to 6 characterized by providing the sleep judging controller which corrects a presumed result so that it may not be in a deep sleep state,

and changing between the time amount beforehand set up after presuming hypnagogic to the presumed result outputted from the above-mentioned sleep state presumption section.

[Claim 8] Sleep state judging equipment according to claim 3 to 7 characterized by to provide the sleep judging controller which corrects a presumed result so that it may be in a deep sleep state, when it continues between the time amount to which the condition of being under the threshold to which whenever [dispersion] was set beforehand was set beforehand continuously after presuming hypnagogic to the presumed result outputted from the above-mentioned sleep state presumption section, and to change.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the sleep state judging approach and sleep state judging equipment which detected change of a living body's sleep state based on the activity information of a living body like a heart rate or a pulse rate obtained comparatively easily.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally, the heartbeat signal is changing with an emotion, a mental relaxation, stress, etc. to the human being's condition, for example, sleep and recovery, a rest and movement, change of a posture, the food intake, and the pan continuously. Moreover, also about sleep, through a night, it is not uniform, the cycle of a non-REM sleep term and a REM sleep term appears several times periodically, and, as for human being's sleep state, it is known conventionally that the period is about (80 - 120 minutes) 100 minutes. After a sleep state shifts to deep sleep gradually from shallow sleep at a non-REM sleep term and a deep sleep state continues in each cycle, the method of change that will be in an again shallow sleep state and a REM sleep term appears after that is common. Moreover, change of the depth of sleep of the non-REM sleep term in each cycle is relative, it applies to recovery from hypnagogic and sleep depth becomes shallow for every cycle. Therefore, if the change of state of the above sleep is detected, according to the condition, hypnagogic can be promoted, or a proper stimulus can be given so that it may invite to a deeper sleep state, and so that it may be made to wake up comfortably.

[0003] Then, what is necessary is just to use the sleep polygraph with which to detect the change of state of sleep is variously tried from the former, for example, it contains an electroencephalogram, eye movement, a myo electric signal, etc. However, this thing has large-scale equipment and is unsuitable for the application which can use only in the location equipped with the measurement facility of a laboratory, a hospital, etc., but is daily used like a health device. Then, to detect the change of state of sleep with a sufficient precision with the means replaced with a sleep polygraph is desired. In order to meet such a demand, paying attention to the heart rate or the pulse rate, it considers detecting the change of state of **** from these change.

[0004] That is, increasing as the heart rate per unit time amount decreases with hypnagogic, the minimum value is shown in toward morning in sleep at night and a recovery stage draws near is known. Moreover, it is known for the non-REM sleep term that change a heart rate remarkably since turbulence arises in the active state of an autonomic nerve at a REM sleep term, although the heart rate per unit time amount is comparatively stable, and a upward tendency is seen when it is many. Furthermore, also in a non-REM sleep term, when sleep depth is shallow, there are comparatively more heart rates per unit time amount, and when sleep depth is deep, there are comparatively few heart rates per unit time amount, and it is very stable [heart rates]. An example of transition to drawing 17 (a) in a night of four kinds of sleep states of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term and the deep sleep state of a non-REM sleep term is shown, and an example of transition of the heart rate at this time is shown in drawing 17 (b). In drawing 17, in "WAKE", "non-REM" shows the shallow sleep state of a non-REM sleep term a REM sleep term, and, as for "SWS", wakefulness and "REM" show the deep sleep state of a non-REM sleep term here.

[0005] And there are some which detect a REM sleep term by making the change in a pulse rate into

an index as the configuration which detects a sleep state is variously offered from the former based on such knowledge, for example, it is indicated by JP,63-205592,A. Moreover, there is a thing which enabled it to detect the change of state of sleep with a sufficient precision by using the sleep characteristic which wove in the increase and decrease of an inclination of a pulse rate or a respiration rate, and time fluctuation as indicated by JP,3-41926,A.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned conventional thing, since hypnagogic was distinguished and the REM sleep term was detected by using the sleep characteristic which wove in the increase and decrease of an inclination of a pulse rate or a respiration rate, and time fluctuation, individual difference is in the rate of concordance with the change of state of actual sleep considerably, and it had the problem that it was quite inaccurate as compared with a sleep polygraph, and a deep sleep state and a shallow sleep state could not be distinguished.

[0007] This invention tends to offer the sleep state judging approach and sleep state judging equipment which can detect a sleep state with a sufficient precision for the purpose of solution of the above-mentioned trouble.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The sleep state judging approach concerning claim 1 of this invention is characterized by computing the trend curve showing the increase and decrease of an inclination of time amount change of the time series of biological information by measuring biological information, such as a heart rate or a pulse rate, and computing a trend curve using the windowing function of the time amount set up beforehand in the sleep state judging approach of judging a sleep state based on this trend curve.

[0009] Moreover, in computing a trend curve using a windowing function, invention of claim 2 is characterized by making the die length of the time amount of a windowing function into 40 minutes - 70 minutes in claim 1.

[0010] The sleep state judging equipment concerning claim 3 of this invention The measurement section 1 which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The trend curvilinear calculation section 3 which computes the trend curve set up so that the inclination of time amount change of the time series of a biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section 2 which sets up measurement time of day, A top Norio object information value and the increment calculation section 4 which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section 5, The sleep state appearance probability calculation section 7 which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face 6 set up beforehand, It is characterized by providing the sleep state presumption section 8 which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in the appearance probability of each sleep state computed in the sleep state appearance probability calculation section 7 to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[0011] The sleep state judging equipment concerning claim 4 of this invention The measurement section 1 which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The trend curvilinear calculation section 3 which computes the trend curve set up so that the inclination of time amount change of the time series of a biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section 2 which sets up measurement time of day, A top Norio object information value and the increment calculation section 4 which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section 5, The sleep state appearance probability calculation section 7 which computes

the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face 6 set up beforehand, The sleep state appearance rate calculation section 10 which computes the appearance rate of each sleep state from the elapsed time from the time of initiation of operation based on the appearance rate table 9 of each sleep state set up beforehand, The sleep state appearance ratio calculation section 11 which computes each sleep state appearance ratio by multiplying each above-mentioned sleep state appearance probability and each above-mentioned sleep state appearance rate, It is characterized by providing the sleep state presumption section 8 which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in each above-mentioned sleep state appearance ratio to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[0012] The sleep state judging equipment concerning claim 5 of this invention The measurement section 1 which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The front trend curvilinear calculation section 12 which computes the front trend curve set up so that the inclination of time amount change of the travelling direction of the time series of the above-mentioned biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section 2 which sets up measurement time of day, The back trend curvilinear calculation section 13 which computes a trend curve after setting up so that the inclination of time amount change of the retrogression direction of the time series of a top Norio object information value may be expressed, The trend curvilinear calculation section 14 which computes a trend curve by adopting the value of the larger one in each measurement time of day among the trend curve before the above, and the trend curve after the above, A top Norio object information value and the increment calculation section 4 which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section 5, The sleep state appearance probability calculation section 7 which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face 6 set up beforehand, It is characterized by providing the sleep state presumption section 8 which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in the appearance probability of each above-mentioned sleep state to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[0013] The sleep state judging equipment concerning claim 6 of this invention The measurement section 1 which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The front trend curvilinear calculation section 12 which computes the front trend curve set up so that the inclination of time amount change of the travelling direction of the time series of the above-mentioned biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section 2 which sets up measurement time of day, The back trend curvilinear calculation section 13 which computes a trend curve after setting up so that the inclination of time amount change of the retrogression direction of the time series of a top Norio object information value may be expressed, The trend curvilinear calculation section 14 which computes a trend curve by adopting the value of the bigger one in each measurement time of day among the trend curve before the above, and the trend curve after the above, A top Norio object information value and the increment calculation section 4 which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section 5, The sleep state appearance probability calculation section 7 which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face 6 set up beforehand, The sleep state appearance rate calculation section 10 which computes the appearance rate of each sleep state based on the appearance rate table 9 of the sleep state set up beforehand from the elapsed

time from the time of initiation of operation, The sleep state appearance ratio calculation section 11 which computes each sleep state appearance ratio by multiplying each above-mentioned sleep state appearance probability and each above-mentioned sleep state appearance rate, It is characterized by providing the sleep state presumption section 8 which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in each above-mentioned sleep state appearance ratio to be the sleep state of the measurement time of day, and changing.

[0014] Moreover, after invention of claim 7 presumes hypnagogic in claims 3-6 to the presumed result outputted from the above-mentioned sleep state presumption section 8, it is characterized by providing the sleep judging controller 15 which corrects a presumed result so that it may not be in a deep sleep state between the time amount set up beforehand, and changing.

[0015] Moreover, invention of claim 8 is characterized by to provide the sleep judging controller 16 which corrects a presumed result so that it may be in a deep sleep state, and to change, when it continues between the time amount to which the condition were under the threshold to which whenever [dispersion] was set beforehand was set beforehand continuously after presuming hypnagogic in claims 3-7 to the presumed result outputted from the above-mentioned sleep state presumption section 8.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained. in addition, with the gestalt of each following operation, as a biological information value used as the index of a living body's activity situation, although the heart rate is used, it comes out not to mention the ability to perform same processing also with a pulse rate.

[0017] Drawing 1 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment for inventing claims 1 and 2. Measurement of a heartbeat can be performed using the heartbeat sensor which detects the pulsation of the heart, and using an electric wave, and the output from a heartbeat sensor is transmitted to this equipment by a radio transmission or the cable transmission. [using an electrode] With this equipment, the heartbeat signal transmitted from the heartbeat sensor is received, and it inputs into the measurement section 1. In the measurement section 1, after acquiring a pulse-like signal by shaping in waveform, counting of the pulse number for every unit time amount is carried out, and enumerated data are outputted as heart rate [per unit time amount] $H(t)$. The unit time amount which carries out counting of the pulse number is 1 minute. Heart rate [per / which is outputted from the measurement section 1 / unit time amount] $H(t)$ is inputted into the trend curvilinear calculation section 3 and the sleep state presumption section 8.

[0018] The trend curve set up so that the increase and decrease of an inclination in time amount change of the time series of a biological information value might be expressed is made to have computed in the trend curvilinear calculation section 3 using the windowing function of the time amount (h) set up beforehand. When a windowing function analyzes to a certain continuous data, it is the function used in order to restrict the section which analyzes, and in order that the time amount of a windowing function may extract the description of the REM sleep term a heart rate indicates a upward tendency to be in this invention, the one longer than the persistence time of a REM sleep term is desirable. Moreover, conversely, in order to make the trend of a heart rate reflect better, the shorter one of the time amount of a windowing function is good. If these two conditions are doubled and taken into consideration, it will be thought that the time amount of a windowing function is the optimal about 60 minutes also in in [40 minutes -] 70 minutes.

[0019] Then, the trend curvilinear calculation section 3 operates, as shown in the flow chart of drawing 2, and it defines the trend curve $FT(t)$ like [$H(t)$ / heart rate / per / which was inputted / unit time amount] a degree type.

[0020]

At the time of $t=1$ $FT(1)=H(1)$

At the time of $1<t<h$ At the time of $H(t) \geq FT(t-1)$ $FT(t)=FT(t-1)$

At the time of $H(t) < FT(t-1)$ $FT(t)=H(t)$

At the time of $h \leq t$ $FT(t)=\min(H(t-h+1) \dots H(t))$

Thus, the trend curve $FT(t)$ called for becomes like drawing 3. In this drawing 3, a heart rate is a black thin line and the trend curve is expressed with the black thick wire.

[0021] Thus, the trend curve $FT(t)$ computed in the trend curvilinear calculation section 3 is outputted from the trend curvilinear calculation section 3, and is inputted into the sleep state presumption section 8. And in the sleep state presumption section 8, using the trend curve $FT(t)$ and heart rate $H(t)$, it can presume whether it is which [four kinds of] sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term, and the deep sleep state of a non-REM sleep term, and can judge. The approach of presuming whether it being which [four kinds of] sleep state using the trend curve $FT(t)$ and heart rate $H(t)$ Although not limited especially, while computing the increment of a heart rate from the difference of the trend curve $FT(t)$ and heart rate $H(t)$, like cases, such as below-mentioned drawing 4 and drawing 10 Whenever [dispersion] is computed by carrying out sequential count of the difference of the heart rate and the heart rate for the following 1 minute for 1 certain minute. The appearance probability of four kinds of sleep states is searched for with the increment of a heart rate, and the combination of whenever [dispersion]. Furthermore, by the elapsed time from an ON floor, it asks for the appearance rate of four kinds of sleep states, and a sleep state with the biggest figure (appearance ratio) that multiplied the appearance probability and the appearance rate can be presumed to be a sleep state at the time, and can be judged.

[0022] Drawing 4 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment concerning invention of claim 3. The heartbeat signal which the output from a heartbeat sensor was transmitted to this equipment by the radio transmission or the cable transmission, and was transmitted from the heartbeat sensor is inputted into the measurement section 1. In the measurement section 1, after acquiring a pulse-like signal by shaping in waveform, counting of the pulse number for every unit time amount is carried out, and enumerated data are outputted as heart rate [per unit time amount] $H(t)$. The unit time amount which carries out counting of the pulse number is 1 minute. Heart rate [per / which is outputted from the measurement section 1 / unit time amount] $H(t)$ is inputted into the calculation section 5 whenever [trend curvilinear calculation section 3, increment calculation section 4, and dispersion].

[0023] In the trend curvilinear calculation section 3, the trend curve set up so that the increase and decrease of an inclination in time amount change of the time series of a biological information value might be expressed is computed. That is, the trend curvilinear calculation section 3 operates, as shown in the flow chart of drawing 5, and it defines the trend curve $FT(t)$ like [$H(t)$ / heart rate / per / which was inputted / unit time amount] a degree type.

[0024]

At the time of $t=1$ $FT(1)=H(1)$

At the time of $t>1$ At the time of $H(t) \geq FT(t-1)$ $FT(t)=FT(t-1)$

At the time of $H(t) < FT(t-1)$ $FT(t)=H(t)$

Thus, the trend curve $FT(t)$ called for becomes like drawing 6. In this drawing 6, a heart rate is a black thin line and the trend curve is expressed with the black thick wire.

[0025] Thus, the trend curve $FT(t)$ computed and outputted in the trend curvilinear calculation section 3 is inputted into the increment calculation section 4 which computes the increment which is the increment degree of the biological information value in each measurement time of day. In the increment calculation section 4, the increment $ZOU(t)$ which is an index showing the increment degree of heart rate [from the trend curve $FT(t)$] $H(t)$ is computed. That is, Increment $ZOU(t)$ is defined like a degree type using heart rate $H(t)$ and the trend curve $FT(t)$.

[0026] $ZOU(t)=H(t)-FT(t)$

Thus, the increment $ZOU(t)$ searched for becomes like drawing 7. Drawing 7 shows transition of heart rate [of drawing 6] $H(t)$ and the overnight increment acquired from the trend curve $FT(t)$.

[0027] Moreover, in the calculation section 5, the dispersion degree of heart rate $H(t)$ inputted from the measurement section 1 is computed whenever [dispersion]. first, the absolute value (difference -- referred to as $SABUN(t)$) of the difference of the heart rate $H(t-1)$ measured by measured heart rate $H(t)$ and its one quota is computed. difference -- the formula of $SABUN(t)$ is defined like a degree type.

[0028]

In the case of $\text{abs}(H(t)-H(t-1)) < 6$, it is $SABUN(t)=\text{abs}(H(t)-H(t-1))$.

the case of $\text{abs}(H(t)-H(t-1)) \geq 6$ -- $SABUN(t)=6$ -- further -- difference -- $BARA(t)$ is computed

like a degree type whenever [dispersion] using SABUN (t).

[0029] In the case of $t=1$, it is $\text{BARA}(1) = \text{SABUN}(1)$.

In the case of $t=2$, it is $\text{BARA}(1) = \text{SABUN}(1) + \text{SABUN}(2)$.

In the case of $t=3$, it is $\text{BARA}(1) = \text{SABUN}(1) + \text{SABUN}(2) + \text{SABUN}(3)$.

the case of $t=4$ -- $\text{BARA} \text{ -- } (1) = \text{SABUN}(1) + \text{SABUN}(2) + \text{SABUN}(3) + \text{SABUN}(4)$

In the case of $t \geq 5$, it is $\text{BARA}(t) = \text{SABUN}(t-4) + \text{SABUN}(t-3) + \text{SABUN}(t-2) + \text{SABUN}(t-1) + \text{SABUN}(t)$.

Thus, BARA (t) becomes like drawing 8 whenever [dispersion / which was searched for].

[0030] And BARA (t) is inputted into the sleep state appearance probability calculation section 7 which computes the appearance probability of each sleep state based on the sleep state appearance probability density part face 6 whenever [increment / which was computed in the increment calculation section 4 as mentioned above, and was outputted / ZOU (t), and dispersion / which was computed and outputted in the calculation section 5 whenever / dispersion]. In the sleep state appearance probability calculation section 7, the appearance probability of four kinds of each sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term and the deep sleep state of a non-REM sleep term is computed from the combination of BARA (t) based on the sleep state appearance probability density part face 6 for every sleep state whenever [increment / which was outputted from the increment calculation section 4 / ZOU (t), and dispersion / which was outputted from the calculation section 5 whenever / dispersion].

[0031] The sleep state appearance probability density part face 6 is created based on the data of the sleep state of Nighttime of for example, 89 night (time amount about 42,000 minutes). Namely, whenever [increment / of a heart rate / and dispersion] is calculated for every minute for 1 minute of the data for these about 42,000 minutes, and for every 1 minute 1 part of that, a sleep state is judged from the data of an electroencephalogram and is. And from these data, the sleep state for the 1 minute can compute the probability which is the shallow sleep state of a non-REM sleep term, the probability which is a REM sleep term, the probability which is the deep sleep state of a non-REM sleep term, and the probability which is wakefulness, respectively by analyzing the relation between the increment of the heart rate for 1 minute, the combination of whenever [dispersion], and the class of sleep state. As these probabilities are summarized and the example is shown in drawing 9, the sleep state appearance probability density part face 6 A shallow sleep state [of a non-REM sleep term] (non-REM), and REM sleep term (REM), It is what consists of appearance probability density part face 6a, 6b, 6c, and 6d for every sleep state of the deep sleep state (SWS) of a non-REM sleep term, and wakefulness (WAKE). The appearance probability of the sleep state is a two-dimensional table so that the sleep state appearance probability density part face 6a, 6b, 6c, and 6d for every sleep state may be asked from the combination of whenever [increment and dispersion]. For example, the appearance probability of the shallow sleep state (non-REM) of a non-REM sleep term becomes 68.5% for an increment to be "3" and for dispersion be "5" so that drawing 9 may see. And the appearance probability for every sleep state computed and outputted in the sleep state appearance probability calculation section 7 in this way is inputted into the sleep state presumption section 8.

[0032] In the sleep state presumption section 8, the appearance probability for every four sleep states outputted from the sleep state appearance probability calculation section 7 is compared, the sleep state which showed the biggest value is presumed to be the sleep state of the time of day, and it can presume whether it is which [four kinds of] sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term, and the deep sleep state of a non-REM sleep term.

[0033] Next, drawing 10 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment concerning invention of claim 4. The calculation section 5 and the sleep state appearance probability calculation section 7 are [whenever / measurement section 1, trend curvilinear calculation section 3, increment calculation section 4, and dispersion] the same as the case of above-mentioned drawing 4. And the appearance probability for every sleep state computed and outputted in the sleep state appearance probability calculation section 7 is inputted into the sleep state appearance ratio calculation section 11.

[0034] In the sleep state appearance rate calculation section 10, the appearance rate of four kinds of each sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term and the deep sleep state of a non-REM sleep term is computed based on the appearance

rate table 9 of each sleep state from the elapsed time from the time of initiation of sleep of operation. This sleep state appearance rate table 9 by analyzing the relation between the elapsed time from an ON floor, and the class of sleep state based on the data of the sleep state of the same Nighttime as the above. Compute the appearance rate of four kinds of each sleep state, and it is created. The sleep state when carrying out predetermined time progress from the time of initiation of sleep A wakefulness and REM sleep term, It is what shows that rate which is any of the shallow sleep state of a non-REM sleep term, and the deep sleep state of a non-REM sleep term. What graph-ized the appearance rate table 9 of four kinds of each sleep state of the shallow sleep state (non-REM) of a wakefulness (WAKE) and REM sleep term (REM) and a non-REM sleep term and the deep sleep state (SWS) of a non-REM sleep term to drawing 11 is shown. Sleep state appearance rate calculation section 6 appearance calculation is carried out, and the appearance rate of each outputted sleep state is inputted into the sleep state appearance ratio calculation section 11.

[0035] In the sleep state appearance ratio calculation section 11, the appearance ratio of each sleep state is computed by multiplying the appearance probability for every sleep state outputted from the sleep state appearance probability calculation section 7, and the appearance rate of each sleep state outputted from the sleep state appearance rate calculation section 10. And the appearance ratio of each sleep state computed and outputted in the sleep state appearance ratio calculation section 11 is inputted into the sleep state presumption section 8.

[0036] In the sleep state presumption section 8, the appearance ratio for every sleep state outputted from the sleep state appearance ratio calculation section 11 is compared, the condition which showed the biggest value is presumed to be the sleep state of the time of day, and it can presume whether it is which [four kinds of] sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term, and the deep sleep state of a non-REM sleep term.

[0037] Next, drawing 12 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment concerning invention of claim 5. The measurement section 1 is the same as the case of above-mentioned drawing 4 . And heart rate [per / which was outputted from the measurement section 1 / unit time amount] $H(t)$ is outputted to the calculation section 5 whenever [front trend curvilinear calculation section 12, back trend curvilinear calculation section 13, increment calculation section 4, and dispersion].

[0038] In the front trend curvilinear calculation section 12, the front trend curve $FT(t)$ set up so that the increase and decrease of an inclination in time amount change of the travelling direction of the time series of a biological information value might be expressed is computed. The actuation which computes this front trend curve $FT(t)$ is the same as actuation of the trend curvilinear calculation section 3 in drawing 4 . And the front trend curve $FT(t)$ outputted from the front trend curvilinear calculation section 12 is inputted into the trend curvilinear calculation section 14.

[0039] Moreover, in the back trend curvilinear calculation section 13, after setting up so that the increase and decrease of an inclination in time amount change of the retrogression direction of the time series of a biological information value may be expressed, the trend curve $RT(t)$ is computed. That is, the back trend curvilinear calculation section 13 operates, as shown in the flow chart of drawing 13 , and it defines the back trend curve $RT(t)$ like [$H / (t) / \text{heart rate} / \text{per} / \text{which was inputted} / \text{unit time amount}$] a degree type.

[0040]

ds: The last measurement time amount At the time of $t=ds$ $RT(ds)=H(ds)$

At the time of $t < ds$ At the time of $H(t) \geq RT(t+1)$ $RT(t)=RT(t+1)$

At the time of $H(t) < RT(t+1)$ $RT(t)=H(t)$

And the back trend curve $RT(t)$ computed and outputted in the back trend curvilinear calculation section 13 is inputted into the trend curvilinear calculation section 14.

[0041] In the trend curvilinear calculation section 14, the way which takes a bigger value in each measurement time of day among the front trend curve $FT(t)$ outputted from the front trend curvilinear calculation section 12 and the back trend curve $RT(t)$ outputted from the back trend curvilinear calculation section 13 is adopted, and the trend curve $TRE(t)$ is computed. Thus, the trend curve $TRE(t)$ computed and outputted in the trend curvilinear calculation section 14 is inputted into the increment calculation section 4 which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day.

[0042] In the increment calculation section 4, the increment ZOU (t) which is an index showing the increment degree of heart rate [from the trend curve TRE (t)] H (t) is computed. That is, Increment ZOU (t) is defined like a degree type using heart rate H (t) and the trend curve TRE (t).

[0043] $ZOU(t)=H(t)-TRE(t)$

About the calculation section 5, it is [whenever / dispersion] the same as the thing of drawing 4 .

[0044] And whenever [increment / which was computed and outputted in the increment calculation section 4 / ZOU (t), and dispersion / which was computed and outputted in the calculation section 5 whenever / dispersion], BARA (t) is inputted into the sleep state appearance probability calculation section 7 which computes the appearance probability of each sleep state based on the sleep state appearance probability density part face 6, and the appearance probability for every sleep state is computed. The appearance probability for every sleep state of this is inputted into the sleep state presumption section 8, and it presumes whether it is which [four kinds of] sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term, and the deep sleep state of a non-REM sleep term. About the sleep state appearance probability calculation section 7 and the sleep state presumption section 8, it is the same as the thing of drawing 4 .

[0045] Next, drawing 14 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment concerning invention of claim 6. About the calculation section 5 and the sleep state appearance probability calculation section 7, it is [whenever / measurement section 1, front trend curvilinear calculation section 12, back trend curvilinear calculation section 13, trend curvilinear calculation section 14, increment calculation section 4, and dispersion] the same as the thing of drawing 12 . Moreover, about the sleep state appearance rate calculation section 10, the sleep state appearance ratio calculation section 11, and the sleep state presumption section 8, it is the same as the thing of drawing 10 .

[0046] And the appearance rate of the appearance probability of each sleep state computed and outputted in the sleep state appearance probability calculation section 7 and each sleep state computed and outputted in the sleep state appearance rate calculation section 10 is inputted into the sleep state appearance ratio calculation section 11, respectively, and the appearance ratio of each sleep state is computed. The appearance ratio of each of this sleep state is inputted into the sleep state presumption section 8, and it presumes whether it is which [four kinds of] sleep state of the shallow sleep state of a wakefulness and REM sleep term and a non-REM sleep term, and the deep sleep state of a non-REM sleep term.

[0047] Next, drawing 15 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment concerning invention of claim 7. It attaches by the sleep state presumption section 8 from the measurement section 1, and is the same as the thing of drawing 4 .

[0048] And the presumed result of the sleep state presumed in the sleep state presumption section 8 is outputted from the sleep state presumption section 8, and is inputted into the sleep judging controller 15. In the sleep judging controller 15, after presuming hypnagogic based on the presumed result of the inputted sleep state, a presumed result is corrected between the time amount (for example, 10 minutes) set up beforehand so that it may not judge with a deep sleep state.

[0049] Next, drawing 16 shows an example of the basic configuration of the control section of the equipment concerning invention of claim 8. It attaches by the sleep state presumption section 8 from the measurement section 1, and is the same as the thing of drawing 4 .

[0050] And the presumed result of the sleep state presumed in the sleep state presumption section 8 is outputted from the sleep state presumption section 8, and is inputted into the sleep judging controller 16. In the sleep judging controller 16, when it continues between the time amount to which the condition of being under the threshold to which whenever [dispersion] is set beforehand is set beforehand continuously after presuming hypnagogic based on the presumed result of the inputted sleep state, a presumed result is corrected so that it may judge with a deep sleep state.

[0051]

[Effect of the Invention] The sleep state judging approach which starts claim 1 of this invention as mentioned above In the sleep state judging approach of computing the trend curve showing the increase and decrease of an inclination of time amount change of the time series of biological information by measuring biological information, such as a heart rate or a pulse rate, and judging a sleep state based on this trend curve Since the trend curve was computed using the windowing

function of the time amount set up beforehand, it is accurate and, moreover, a sleep state can be detected on real time.

[0052] Moreover, since invention of claim 2 made the die length of the time amount of a windowing function 40 minutes - 70 minutes in computing a trend curve using a windowing function, it can detect a sleep state with a sufficient precision.

[0053] The sleep state judging equipment concerning claim 3 of this invention The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The trend curvilinear calculation section which computes the trend curve set up so that the inclination of time amount change of the time series of a biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, Since the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in the appearance probability of each sleep state computed in the sleep state appearance probability calculation section to be the sleep state of the measurement time of day is provided The appearance probability of each sleep state is computable from the increment degree of a biological information value, and a dispersion degree, it is accurate and, moreover, a sleep state can be detected on real time.

[0054] The sleep state judging equipment concerning claim 4 of this invention The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The trend curvilinear calculation section which computes the trend curve set up so that the inclination of time amount change of the time series of a biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, The sleep state appearance rate calculation section which computes the appearance rate of each sleep state based on the appearance rate table of each sleep state set up beforehand from the elapsed time from the time of initiation of operation, The sleep state appearance ratio calculation section which computes each sleep state appearance ratio by multiplying each above-mentioned sleep state appearance probability and each above-mentioned sleep state appearance rate, Since the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in each above-mentioned sleep state appearance ratio to be the sleep state of the measurement time of day is provided In addition to the increment degree and dispersion degree of a biological information value, the appearance rate of each sleep state can be computed from a sleep state appearance rate table, the concept of time amount progress can be added, it is accurate and, moreover, a sleep state can be detected on real time.

[0055] The sleep state judging equipment concerning claim 5 of this invention The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The front trend curvilinear calculation section which computes the front trend curve set up so that the inclination of time amount change of the travelling direction of the time series of the above-mentioned biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting

section which sets up measurement time of day, The back trend curvilinear calculation section which computes a trend curve after setting up so that the inclination of time amount change of the retrogression direction of the time series of a top Norio object information value may be expressed, The trend curvilinear calculation section which computes a trend curve by adopting the value of the larger one in each measurement time of day among the trend curve before the above, and the trend curve after the above, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, Since the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in the appearance probability of each above-mentioned sleep state to be the sleep state of the measurement time of day is provided The increment degree of a biological information value is more computable as a value which reflected a living body's condition correctly based on the trend curve computed from a front trend curve and a back trend curve. The appearance probability of each sleep state is computable from the increment degree of this biological information value, and a dispersion degree, it is accurate and, moreover, a sleep state can be detected on real time.

[0056] The sleep state judging equipment concerning claim 6 of this invention The measurement section which measures biological information values, such as a heart rate per unit time amount, or a pulse rate, and is made into the biological information measurement value of each time of day, The front trend curvilinear calculation section which computes the front trend curve set up so that the inclination of time amount change of the travelling direction of the time series of the above-mentioned biological information value might be expressed as the measurement time-of-day setting section which sets up measurement time of day, The back trend curvilinear calculation section which computes a trend curve after setting up so that the inclination of time amount change of the retrogression direction of the time series of a top Norio object information value may be expressed, The trend curvilinear calculation section which computes a trend curve by adopting the value of the bigger one in each measurement time of day among the trend curve before the above, and the trend curve after the above, A top Norio object information value and the increment calculation section which computes the increment degree of the biological information value in each measurement time of day from a trend curve, Whenever [dispersion / which computes the dispersion degree of the top Norio object information value within fixed time amount in front of each above-mentioned measurement time of day] The calculation section, The sleep state appearance probability calculation section which computes the appearance probability of each sleep state from the increment of this computed biological information value, and the combination of whenever [dispersion] based on the sleep state appearance probability density part face set up beforehand, The sleep state appearance rate calculation section which computes the appearance rate of each sleep state based on the appearance rate table of the sleep state set up beforehand from the elapsed time from the time of initiation of operation, The sleep state appearance ratio calculation section which computes each sleep state appearance ratio by multiplying each above-mentioned sleep state appearance probability and each above-mentioned sleep state appearance rate, Since the sleep state presumption section which presumes the condition of having taken the biggest numeric value in each above-mentioned sleep state appearance ratio to be the sleep state of the measurement time of day is provided The increment degree of a biological information value is more computable as a value which reflected a living body's condition correctly based on the trend curve computed from a front trend curve and a back trend curve. And in addition to the increment degree and dispersion degree of this biological information value, the appearance rate of each sleep state can be computed from a sleep state appearance rate table, the concept of time amount progress can be added, it is accurate and, moreover, a sleep state can be detected on real time.

[0057] Moreover, since the sleep judging controller which corrects a presumed result is provided so that it may not be in a deep sleep state between the time amount set up beforehand after invention of

claim 7 presumes hypnagogic to the presumed result outputted from the above-mentioned sleep state presumption section, a sleep state is detectable with a sufficient precision.

[0058] Moreover, since invention of claim 8 possesses the sleep judging controller which corrects a presumed result so that it may be in a deep sleep state when it continues between the time amount to which the condition of being under the threshold to which whenever [dispersion] was set beforehand was set beforehand continuously after presuming hypnagogic to the presumed result outputted from the above-mentioned sleep state presumption section, it can detect a sleep state with a sufficient precision.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the control section in an example of claim 1 and the gestalt of implementation of invention of two.

[Drawing 2] It is the flow chart which shows actuation of the trend curvilinear calculation section same as the above.

[Drawing 3] It is the graph which shows the trend curve corresponding to transition and it of the heart rate of a night same as the above.

[Drawing 4] It is the block diagram of the control section in an example of the gestalt of implementation of invention of claim 3.

[Drawing 5] It is the flow chart which shows actuation of the trend curvilinear calculation section same as the above.

[Drawing 6] It is the graph which shows the trend curve corresponding to transition and it of the heart rate of a night same as the above.

[Drawing 7] It is the graph which shows transition of the increment of the heart rate of a night same as the above.

[Drawing 8] It is the graph which shows whenever [dispersion / in the heart rate of a night same as the above].

[Drawing 9] It is drawing showing sleep state appearance probability density part face same as the above.

[Drawing 10] It is the block diagram of the control section in an example of the gestalt of implementation of invention of claim 4.

[Drawing 11] It is the graph of the appearance rate table of a sleep state same as the above.

[Drawing 12] It is the block diagram of the control section in an example of the gestalt of implementation of invention of claim 5.

[Drawing 13] It is the flow chart which shows actuation of the back trend curvilinear calculation section same as the above.

[Drawing 14] It is the block diagram of the control section in an example of the gestalt of implementation of invention of claim 6.

[Drawing 15] It is the block diagram of the control section in an example of the gestalt of implementation of invention of claim 7.

[Drawing 16] It is the block diagram of the control section in an example of the gestalt of implementation of invention of claim 8.

[Drawing 17] The graph with which (a) shows an example of transition of an overnight sleep state, and (b) are graphs which show an example of transition of an overnight heart rate.

[Description of Notations]

1 Measurement Section

2 Measurement Time-of-Day Setting Section

3 Trend Curvilinear Calculation Section

4 Increment Calculation Section

5 It is Calculation Section whenever [Dispersion].

6 Sleep State Appearance Probability Density Part Face

7 Sleep State Appearance Probability Calculation Section

8 Sleep State Presumption Section
9 Sleep State Appearance Rate Table
10 Sleep State Appearance Rate Calculation Section
11 Sleep State Appearance Ratio Calculation Section
12 Front Trend Curvilinear Calculation Section
13 Back Trend Curvilinear Calculation Section
14 Trend Curvilinear Calculation Section
15 Sleep Judging Controller
16 Sleep Judging Controller

[Translation done.]

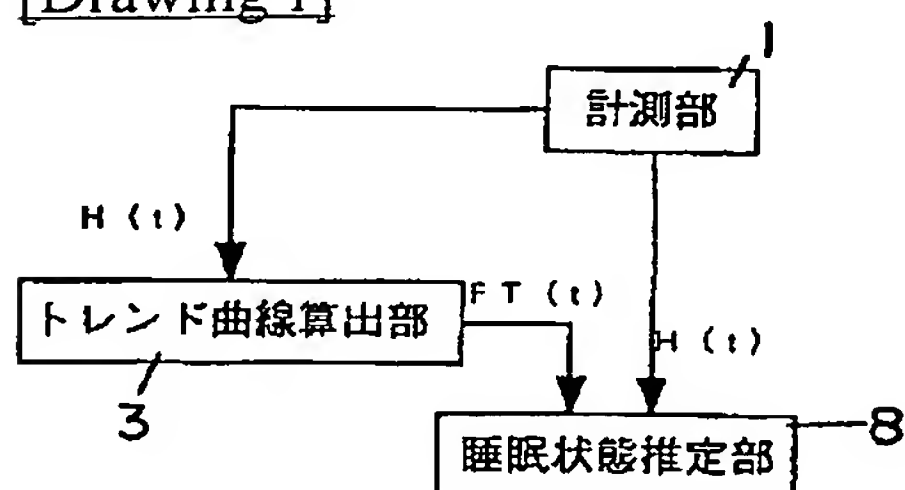
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

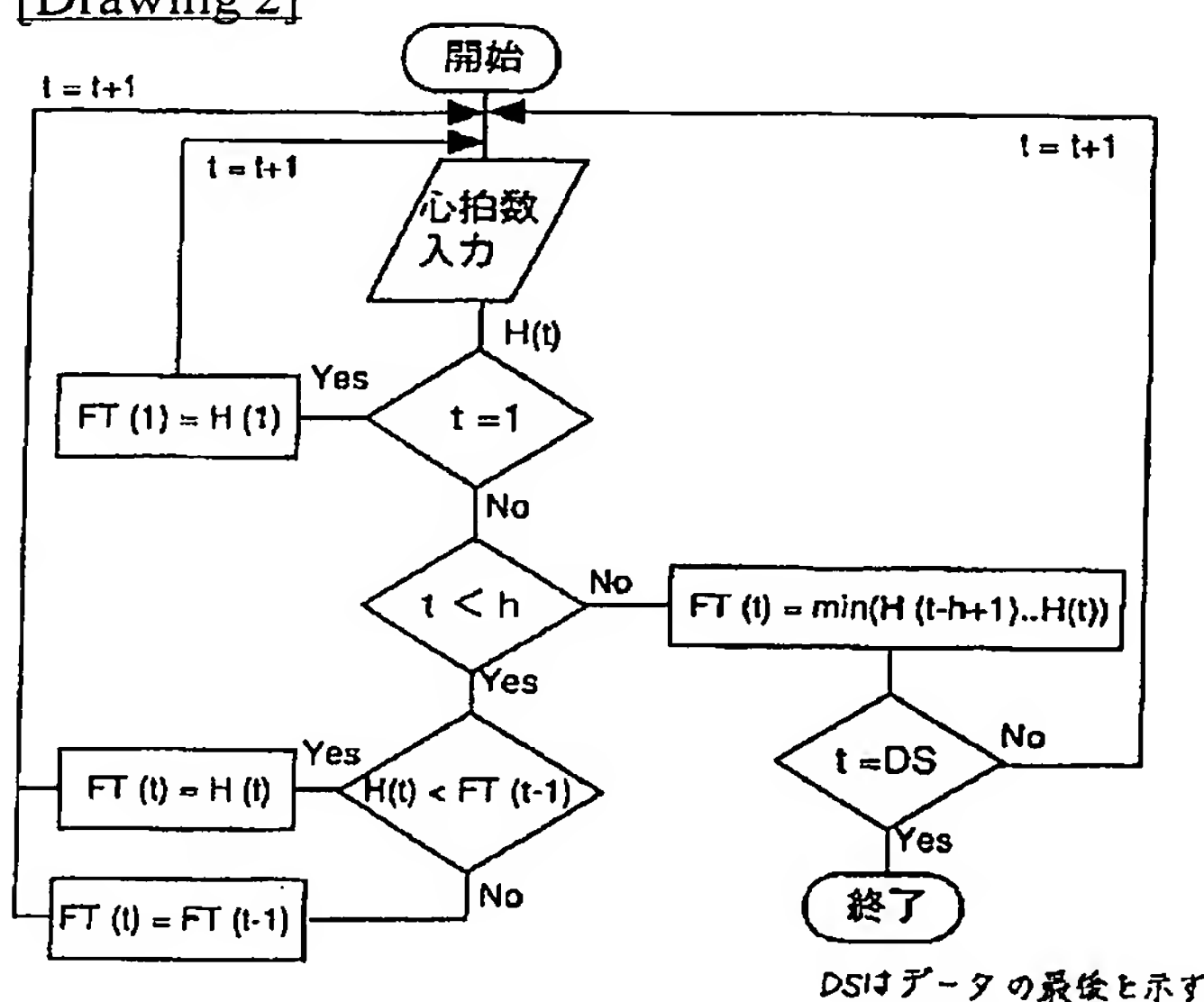
DRAWINGS

[Drawing 1]

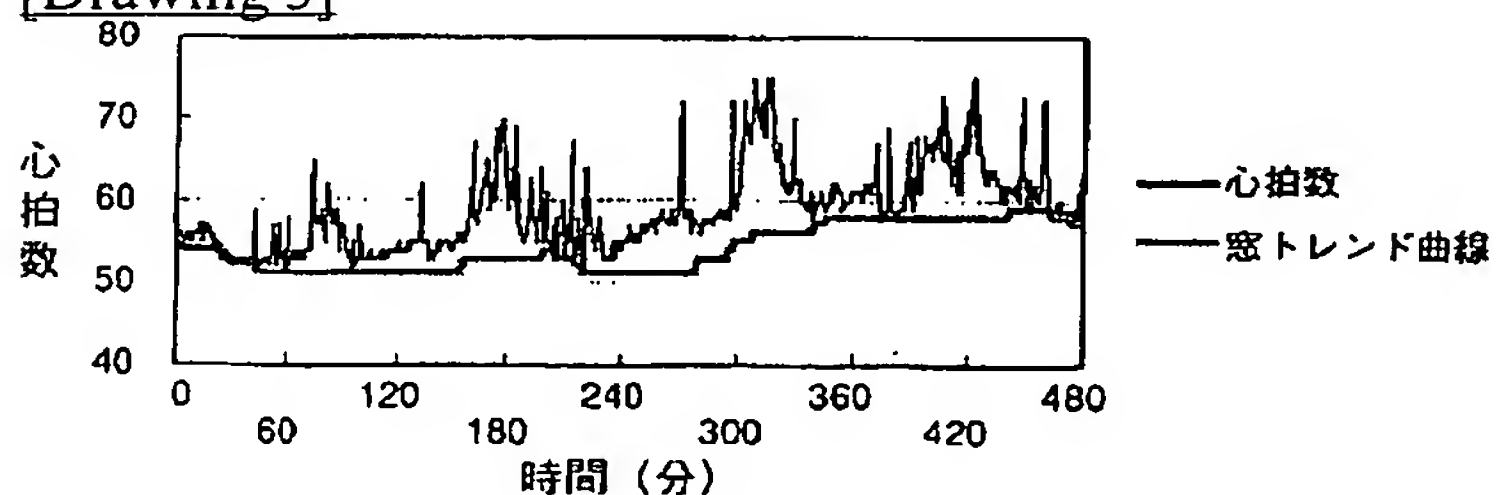


- 1...計測部
3...トレンド曲線算出部
8...睡眠状態推定部

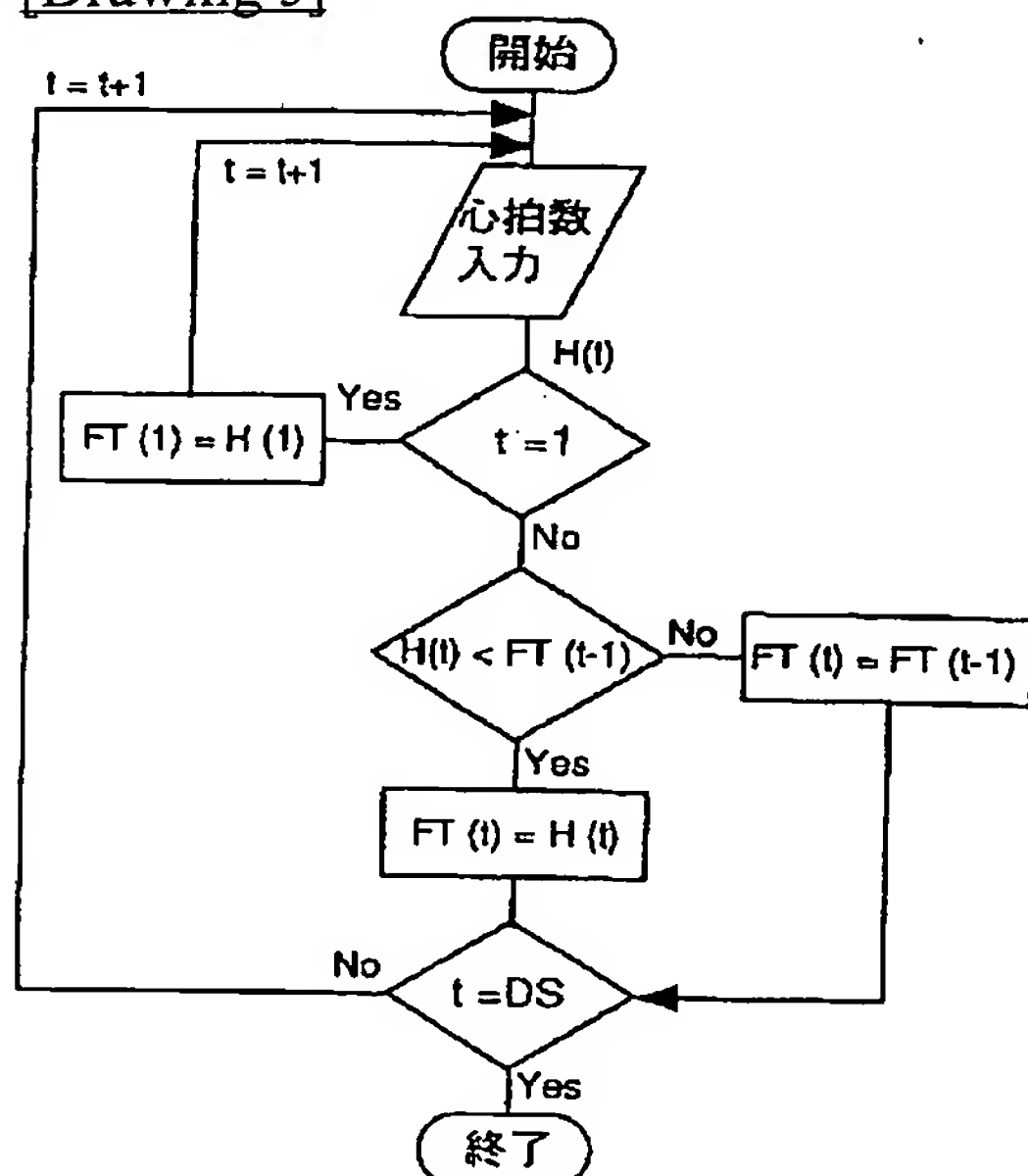
[Drawing 2]



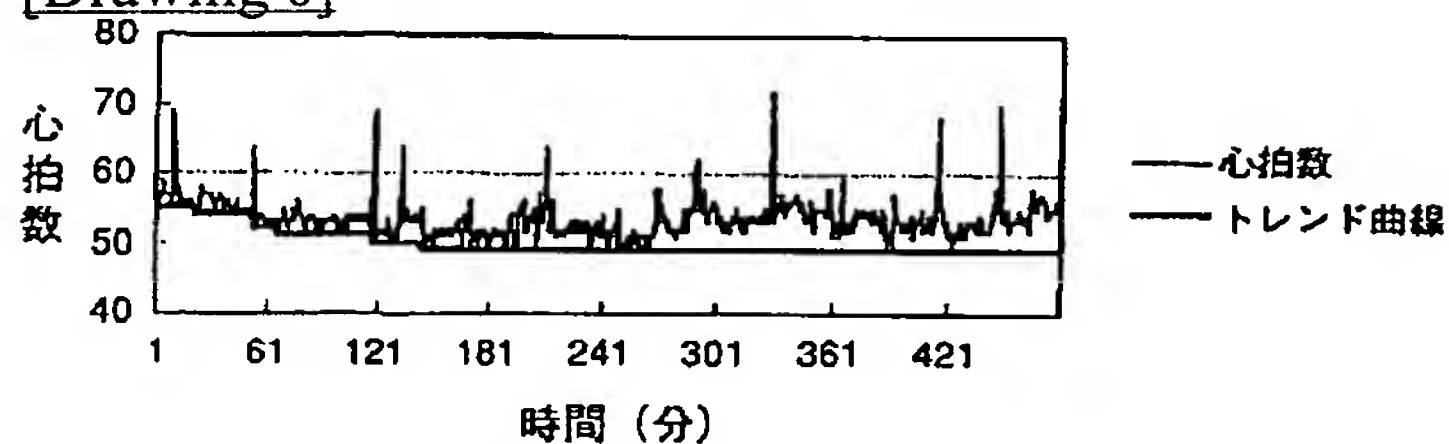
[Drawing 3]



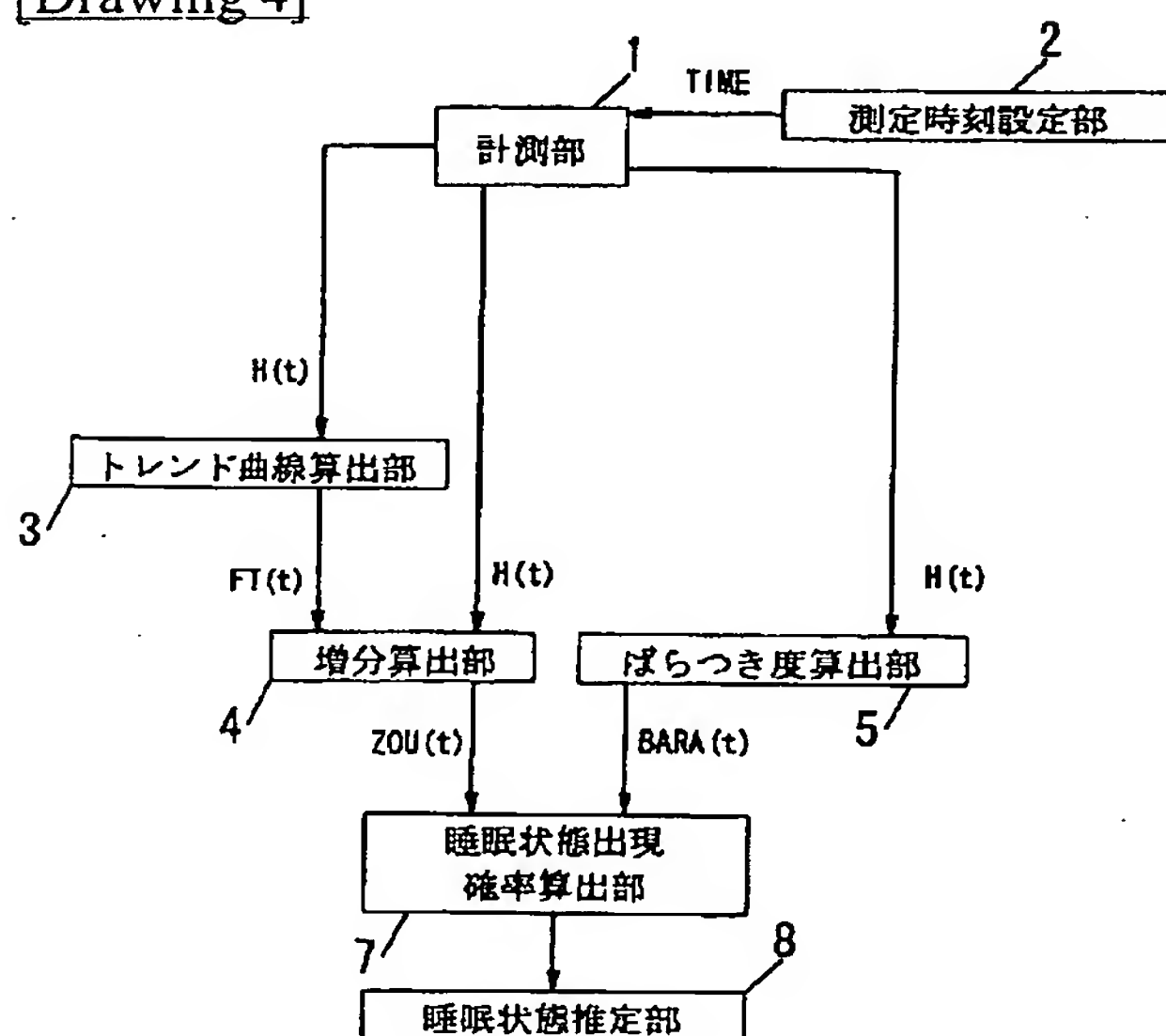
[Drawing 5]



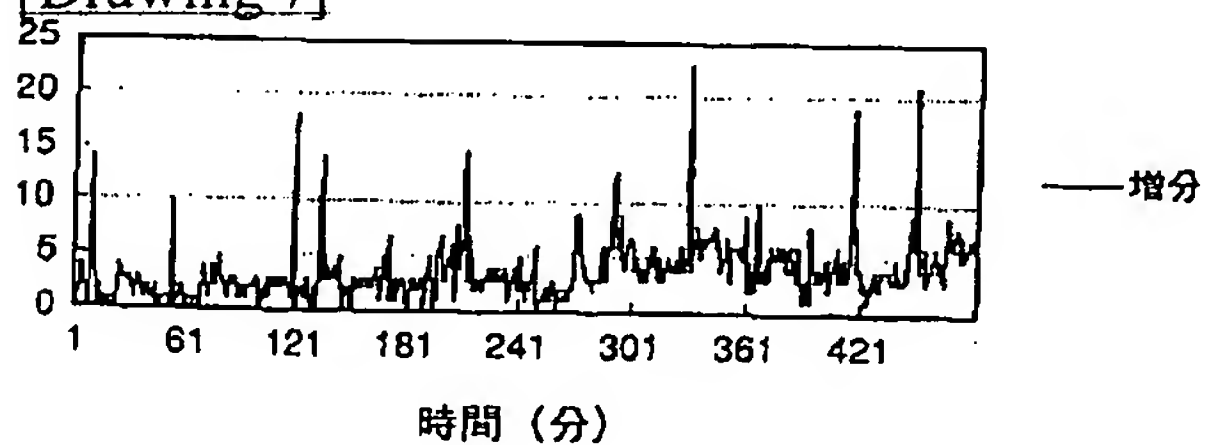
[Drawing 6]



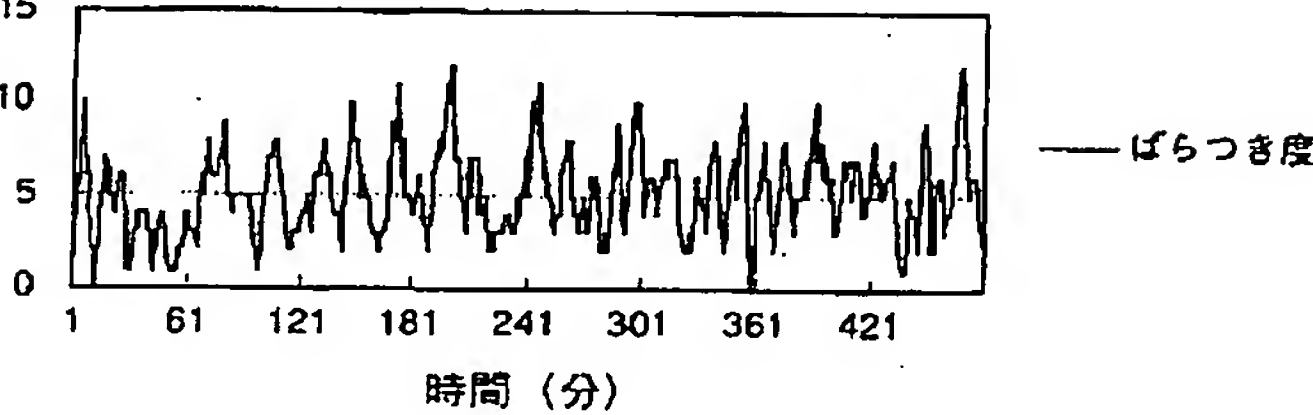
[Drawing 4]



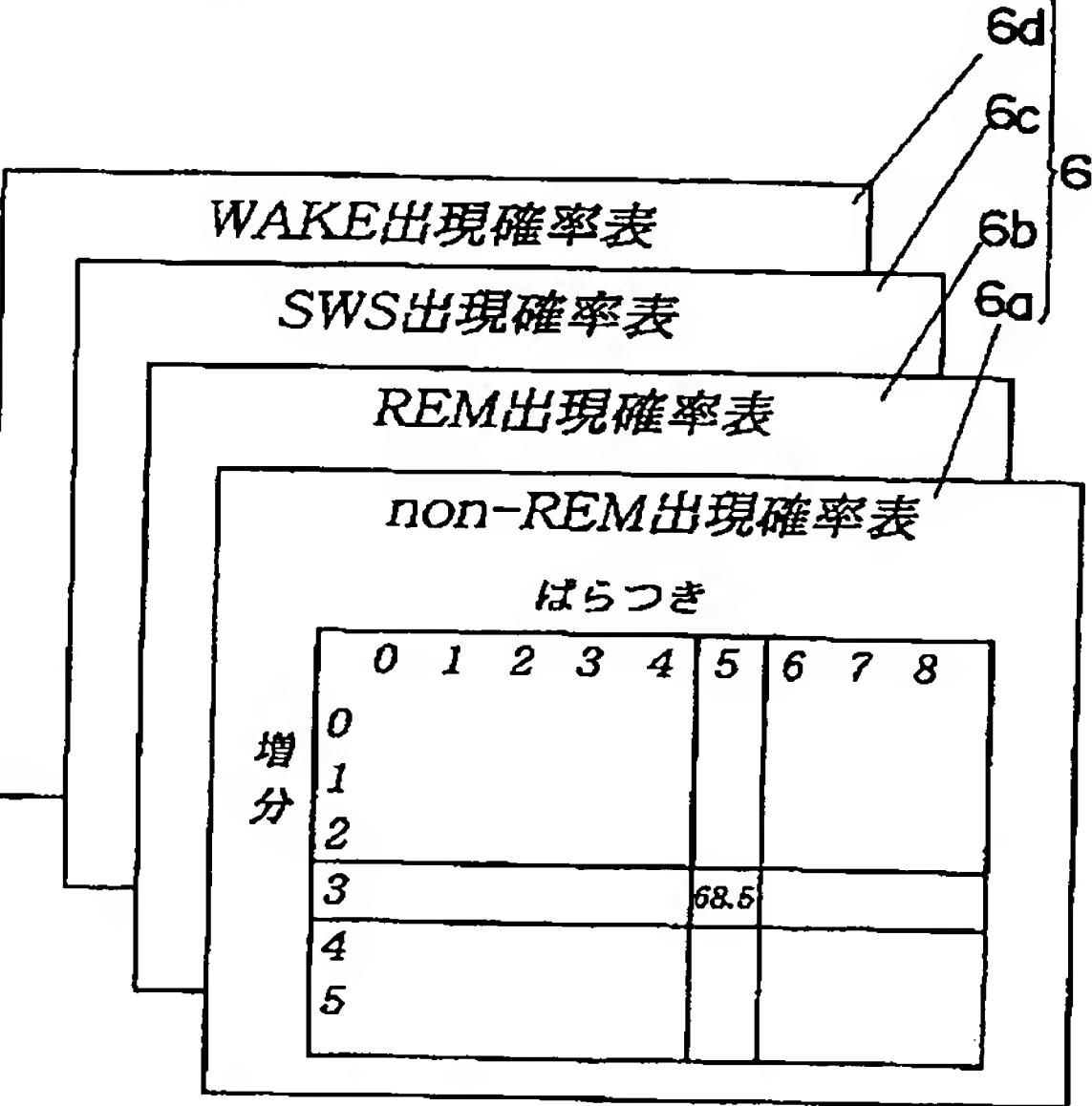
[Drawing 7]



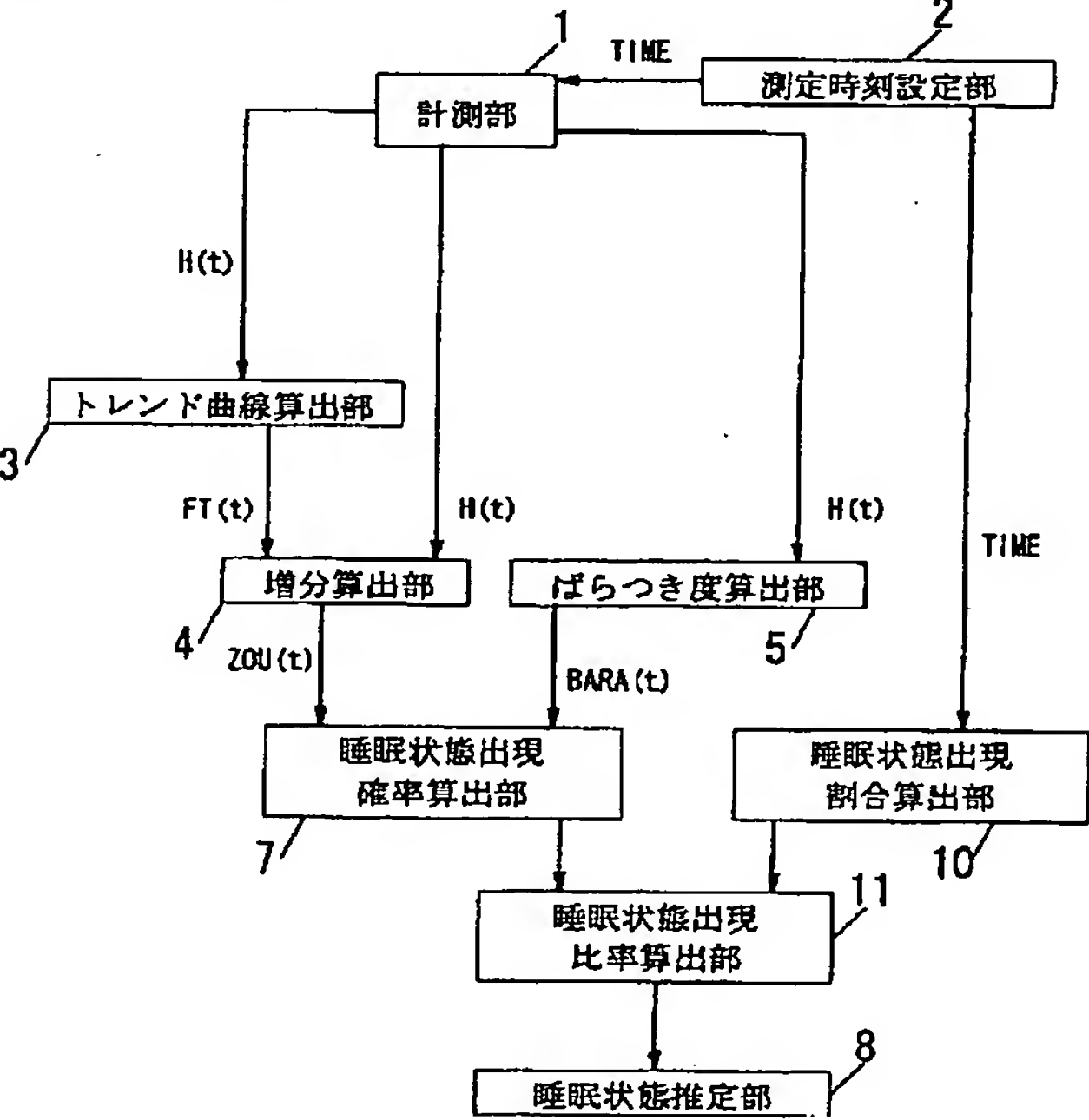
[Drawing 8]



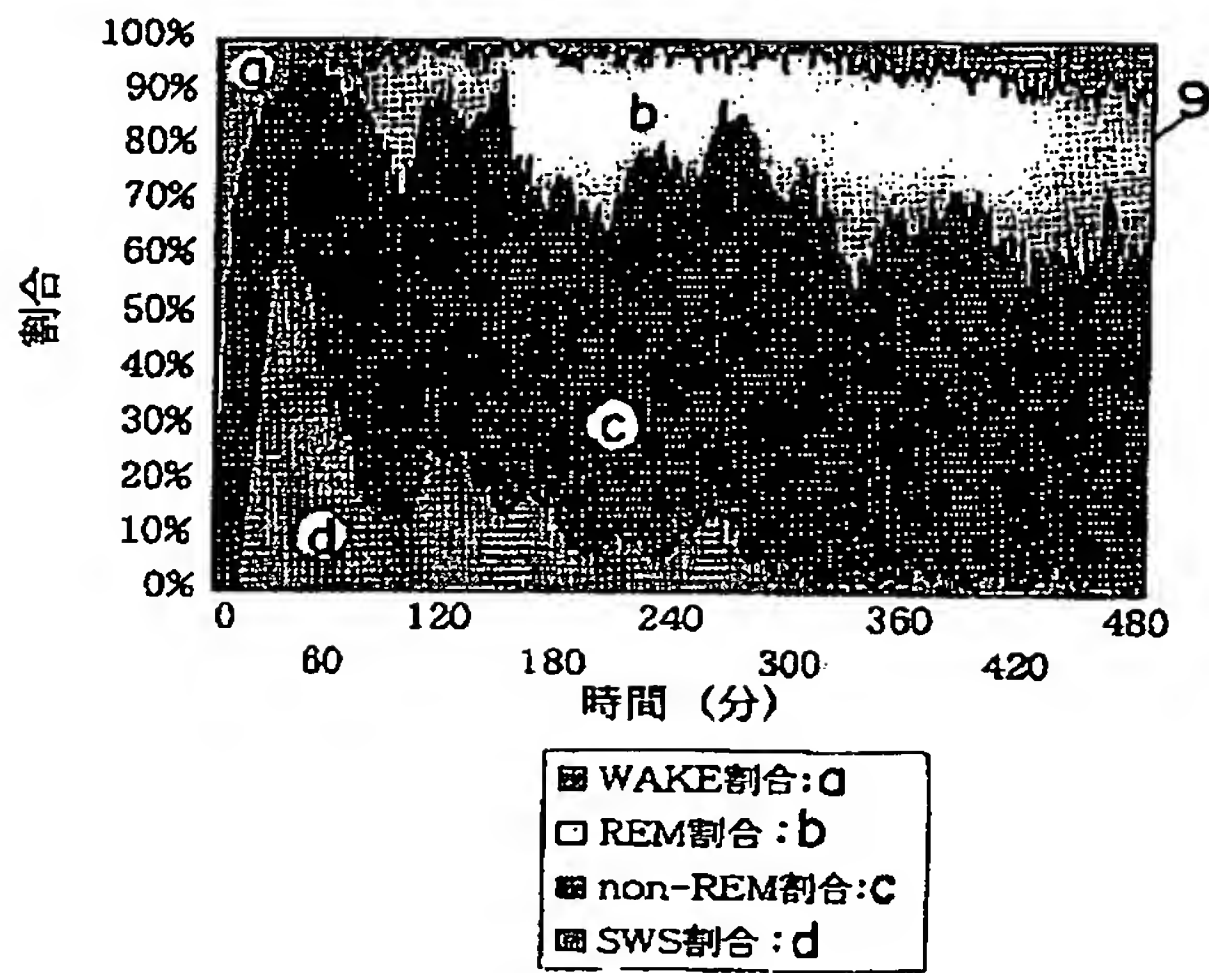
[Drawing 9]



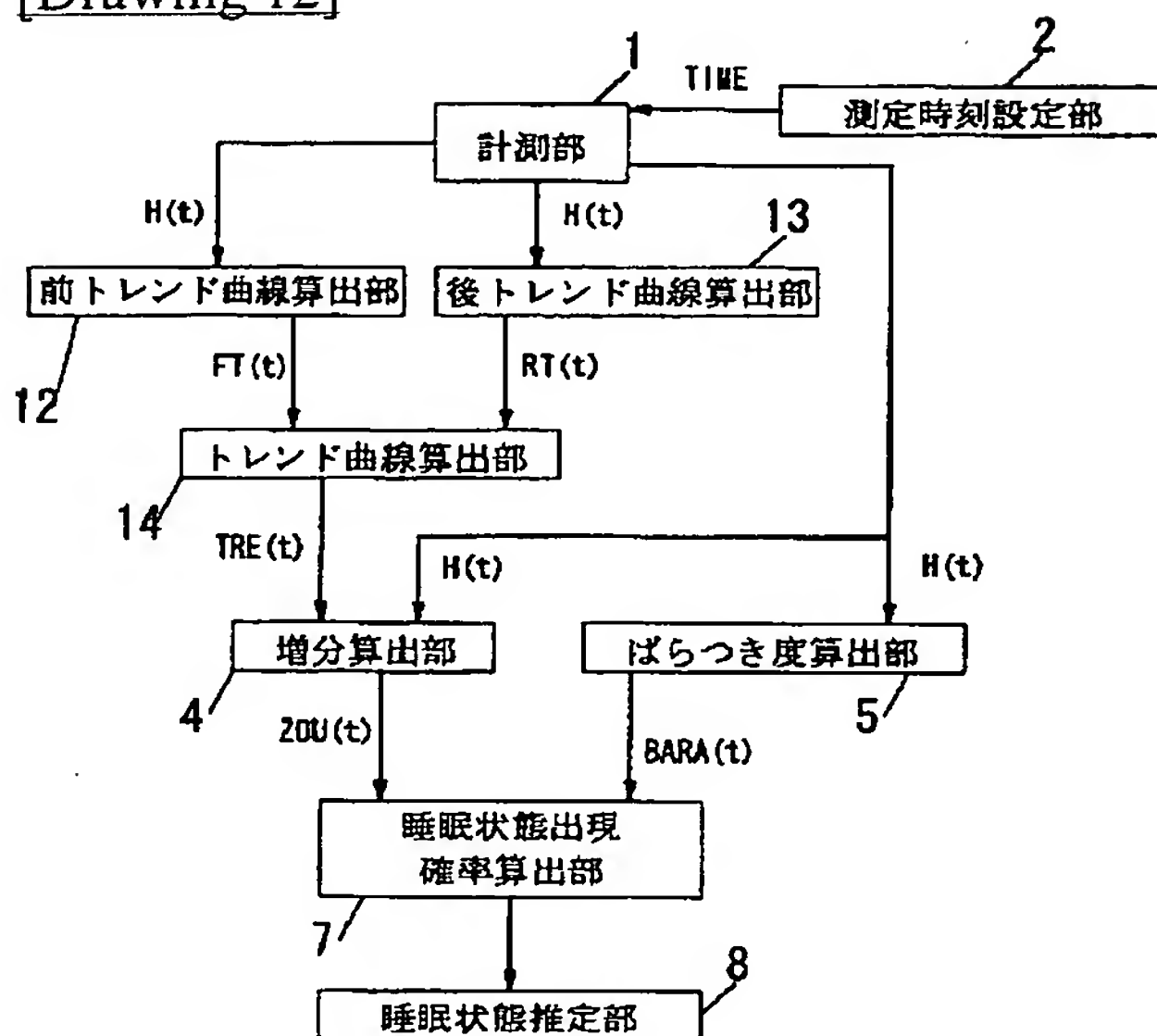
[Drawing 10]



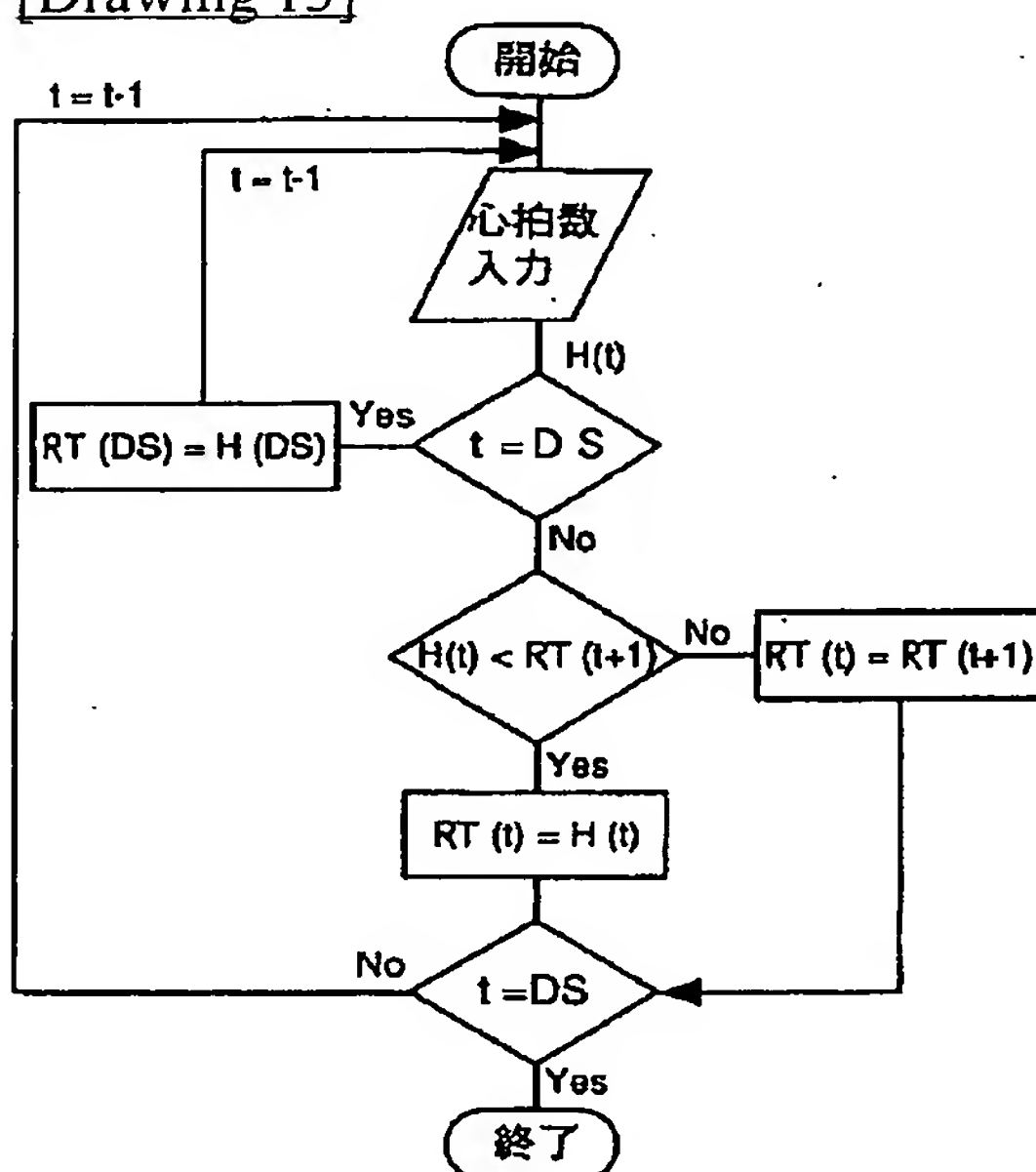
[Drawing 11]



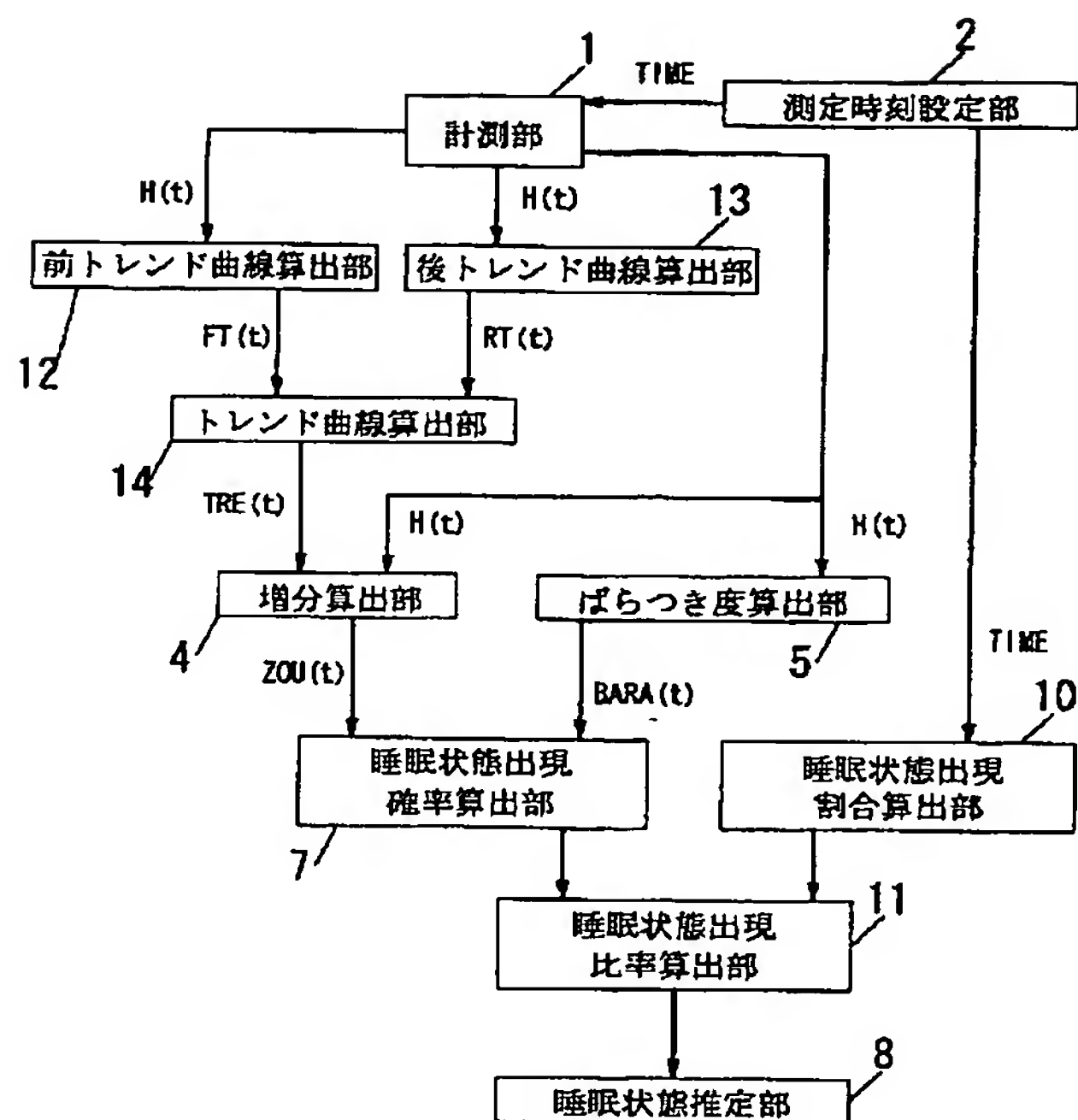
[Drawing 12]



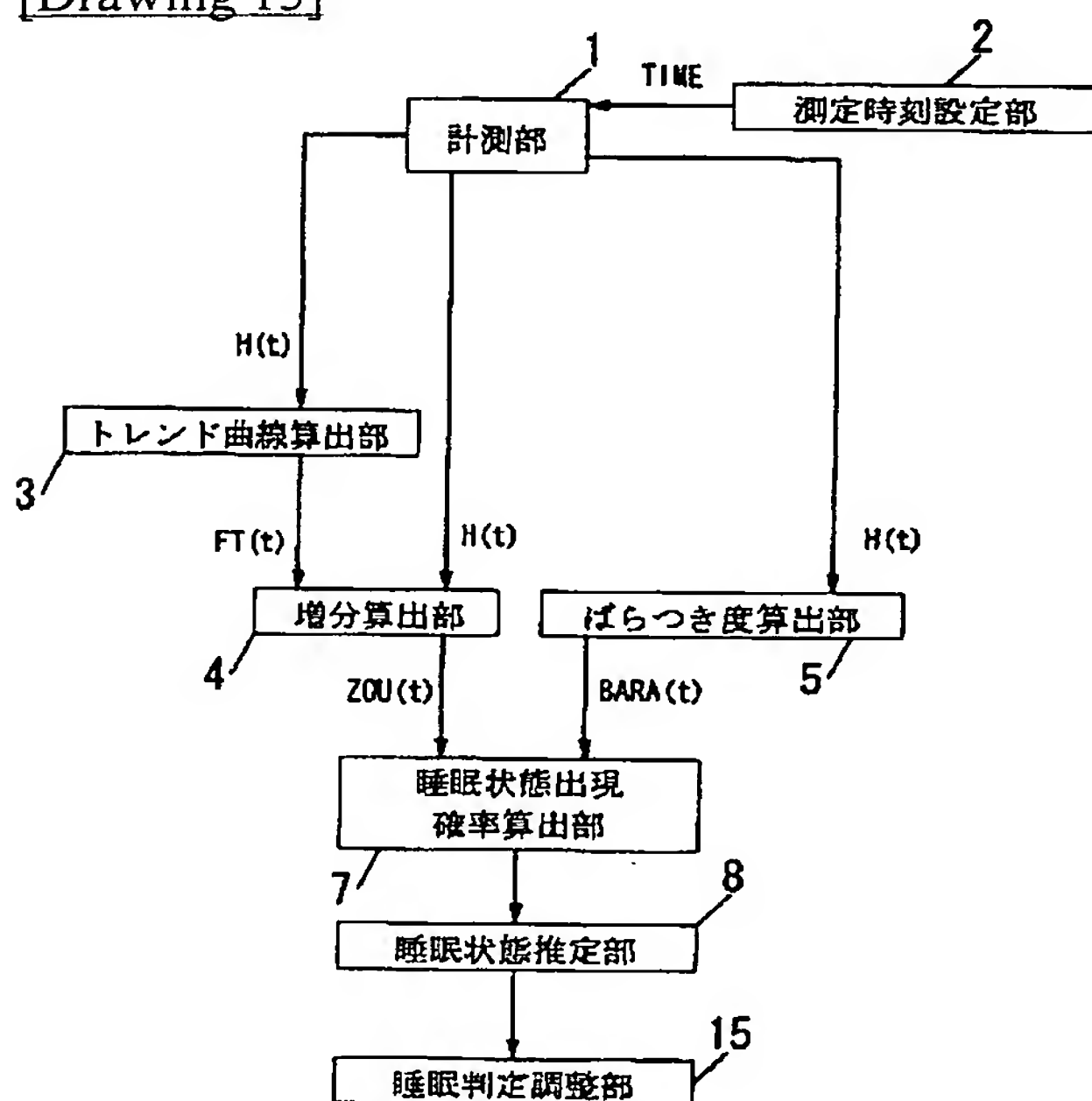
[Drawing 13]



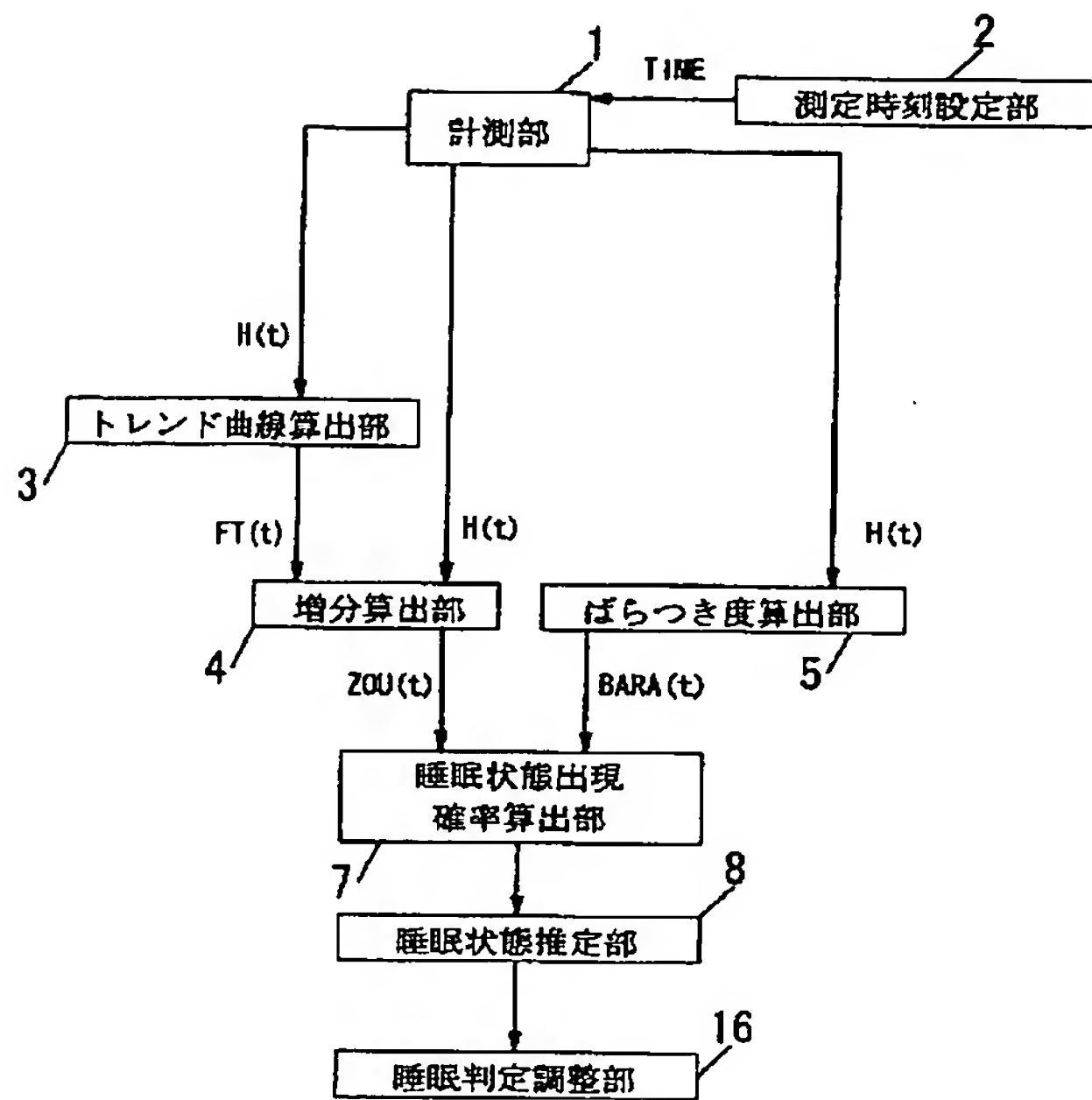
[Drawing 14]



[Drawing 15]

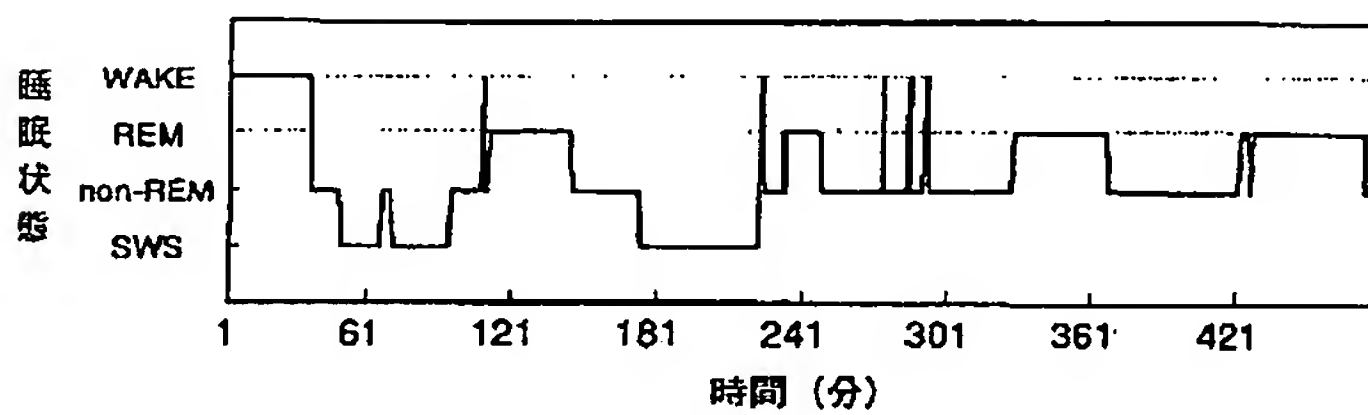


[Drawing 16]

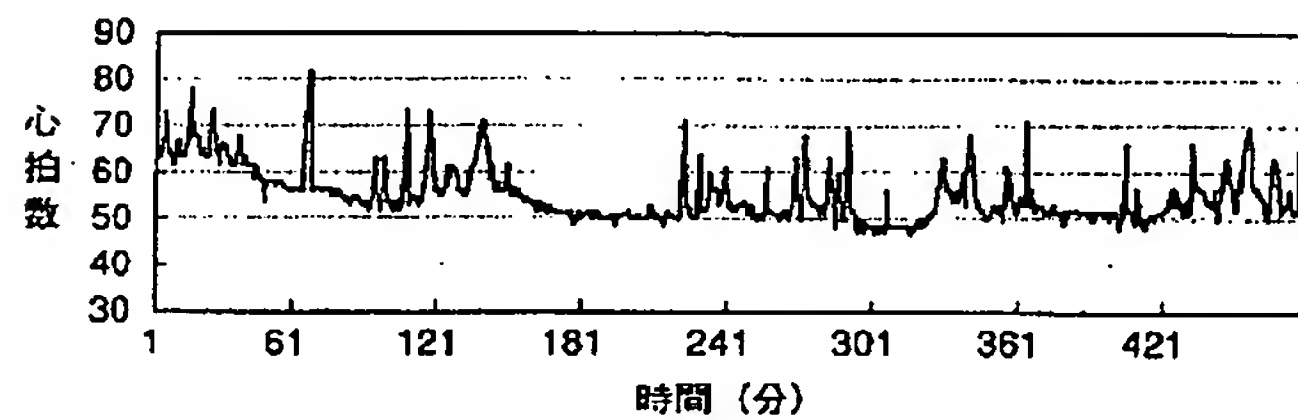


[Drawing 17]

(a)



(b)



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.